



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Microgeneración distribuida con sistema
fotovoltaico para autoconsumo en la Municipalidad
de Picsi en el departamento de Lambayeque”**

Autor:

Vasquez Ducep German Favian

Asesor:

Dr. Carranza Montenegro Daniel

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO

ELECTRICISTA

**“Microgeneración distribuida con sistema
fotovoltaico para autoconsumo en la Municipalidad
de Picsi en el departamento de Lambayeque”**

Autor:

VASQUEZ DUCEP GERMAN FAVIAN

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : M.Sc. Chambergo Larrea Carlos Augusto.

SECRETARIO : Ing. Puyen Mateo Nestor Daniel.

MIEMBRO : Ing. Tapia Asenjo Robinson.

ASESOR : Dr. Carranza Montenegro Daniel.

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



TESIS

TITULO

**“Microgeneración distribuida con sistema fotovoltaico
para autoconsumo en la Municipalidad de Picsi en el
departamento de Lambayeque”**

CONTENIDOS

- CAPITULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.
CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN.
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.

AUTOR: German Favian Vasquez Ducep

M.Sc. Carlos Augusto Chambergó Larrea
PRESIDENTE

Ing. Nestor Daniel Puyen Mateo
SECRETARIO

Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO

Dr. Daniel Carranza Montenegro
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Diciembre del 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, hermana y consecuentemente la obtención del título de Ingeniero Mecánico Electricista a mis seres queridos de quienes estoy inmensamente agradecido.

A mi primo Humberto Carmona, desde el cielo está orgulloso de esta meta más trazada, que nos cuida y nos bendice en cada momento.

Bach. GERMAN FAVIAN VASQUEZ DUCEP.

AGRADECIMIENTO

Este logro profesional y personal es el resultado del apoyo constante de mis padres Germán Vásquez Tafur y Tania Ducep Carmona, los cuales lograron inculcarme su perseverancia y disciplina para alcanzar las metas propuestas. Asimismo, un reconocimiento especial a mi hermana Luciana Vásquez Ducep por su apoyo y fuente inagotable de motivación para el logro de esta meta.

A todos mis seres queridos, a mis tíos y más familiares quienes me ayudaron y siempre me dieron su apoyo a lo largo de la carrera y en la elaboración de este trabajo de investigación. A mi asesor el Dr. Daniel Carranza Montenegro por su paciencia y consejos para la culminación de esta tesis.

Bach. GERMAN FAVIAN VASQUEZ DUCEP.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue: Dimensionar un sistema de microgeneración distribuida con sistema fotovoltaico para autoconsumo en la municipalidad de Picsi, ubicado en el departamento de Lambayeque. Con la finalidad de reducir el monto facturado por la concesionaria. Se recopiló los datos de consumo histórico de energía eléctrica de donde se obtuvo un valor promedio de 570,3 kWh /anual, el costo del kWh promedio es de S/.0,6006, además se utilizó un analizador de redes aplicado durante el período día 07 de octubre hasta el día 17 del mismo mes del año 2019; de donde para el día 15 de octubre representativo útil se obtuvo que la energía consumida diaria es de 13,45 kWh y una máxima demanda de 2,041 kW. Se recopiló los datos de irradiación solar de la página web de la NASA obteniendo que la irradiación solar varía entre 4,47 kWh/m²/día y 5,95 kWh/m²/día, considerando para el cálculo la situación crítica es decir para un valor de irradiación solar de 4,47 kWh/m²/día. El equipamiento del sistema fotovoltaico de autoconsumo está conformado por un generador fotovoltaico conformado por 28 paneles fotovoltaicos de la marca JINKO SOLAR de 330 Wp con una potencia total de 9,24 kWp; un inversor de la marca Fronius de 8,2 kW. El sistema fotovoltaico conectado a red suministrará el 93 % de la energía eléctrica requerida por la municipalidad de Picsi, mientras que el restante 7% será suministrado por la red eléctrica de la concesionaria. Se realizó la evaluación técnica y económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo obteniéndose un costo total de S/. -41 135,700, los indicadores económicos evaluados para una tasa de descuento de 12 % y un periodo de 25 años fueron de: VAN de S/.5 989,64 y la TIR de 14%.

Palabras clave: irradiación solar, modulo fotovoltaico, inversor

ABSTRACT

The objective of this thesis was: To dimension a distributed microgeneration system with a photovoltaic system for self-consumption in the municipality of Pícsi located in the department of Lambayeque. In order to reduce the amount billed by the concessionaire. The data of historical consumption of electrical energy was collected from where an average value of 570,3 kWh / year was obtained, the cost of the average kWh is S / .0,6006, in addition a network analyzer was used during the period October 7th until the 17th of the same month of the year 2019; where, for the representative day of October, it was obtained that the daily energy consumed is 13,45 kWh and a maximum demand of 2,041 kW. The solar irradiation data of the NASA website was collected, obtaining that the solar irradiation varies between 4,47 kWh / m² / day and 5,95 kWh / m² / day, considering for the calculation the critical situation that is for a solar irradiation value of 4,47 kWh / m² / day. The equipment of the self-consumption photovoltaic system is made up of a photovoltaic generator consisting of 28 photovoltaic panels of the 330 Wp JINKO SOLAR brand with a total power of 9,24 kWp; a 8.2 kW Fronius brand inverter. The grid-connected photovoltaic system will supply 93% of the electricity required by the municipality of Pícsi, while the remaining 7% will be supplied by the concessionaire's electricity network. The technical and economic evaluation of the self-consumption photovoltaic system was carried out obtaining a total cost of S / .-41 135,700, the economic indicators evaluated for a discount rate of 12% and a period of 25 years were: NPV of S / .5 989,64 and the IRR of 14%.

Keywords: solar irradiation, photovoltaic module, inverter

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.3. Delimitación de la Investigación.....	4
1.3.1. Delimitación espacial	4
1.3.2. Delimitación temporal	8
1.4. Justificación e Importancia de la Tesis.....	8
1.5. Limitaciones de la TESIS.....	8
1.6. Objetivos de la TESIS.....	9
1.6.1. Objetivo General	9
1.6.2. Objetivo Específicos	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de Estudios	10
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	17
2.2.1. Energías renovables	17
2.2.2. Radiación solar	20
2.2.3. Naturaleza de la energía solar.....	21
2.2.4. Insolación	35
2.2.5. Posicionamiento solar	36
2.2.6. Efecto fotovoltaico	37
2.2.7. Irradiancia solar	38

2.2.8. Irradiación solar.....	39
2.2.9. Celda solar fotovoltaica.....	40
2.2.10. Sistema fotovoltaico.....	47
2.2.11. Sistema conectado a red	48
2.2.12. Evaluación económica de proyectos de inversión	78
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	81
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	84
3.1. Tipo y diseño de investigación	84
3.2. Población y muestra	84
3.3. Hipótesis.....	84
3.4. Operacionalización de variables	85
3.5. Métodos y Técnicas de investigación	87
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados	87
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	88
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	89
4.1. Propuesta de la investigación	89
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	90
5.1. Datos del consumo histórico de energía eléctrica en la municipalidad de Picsi. 90	
5.2. Datos de Irradiación solar	99
5.2.1. Cálculo de las horas solar pico (HSP)	100
5.3. Dimensionamiento y selección de equipos para el sistema fotovoltaico de autoconsumo en la municipalidad de Picsi.....	101
5.3.1. Sistema fotovoltaico de autoconsumo sin inyección a red	101
5.4. Evaluación de la viabilidad técnica y económica	120
5.4.1. Costo del sistema conectado a red	120
5.4.2. Evaluación económica.....	121
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	125
6.1. Conclusiones	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS.....	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clima en el distrito de Picsi	7
Tabla N° 2: Operacionalización de Variables	86
Tabla N° 3: Registro de consumo de energía eléctrica	90
Tabla N° 4: Consumo horario de energía eléctrica.....	98
Tabla N° 5: Ubicación geográfica de la municipalidad de Picsi.....	99
Tabla N° 6: Horas sol Pico	101
Tabla N° 7: Energía eléctrica aportada por el sistema fotovoltaico y la red eléctrica.....	102
Tabla N° 8: Contribución de energía (SFCR y red eléctrica) – Fuente: Elaboración propia.	104
Tabla N° 9: Energía suministrada por el SFCR	106
Tabla N° 10: Especificaciones del panel fotovoltaico	108
Tabla N° 11: Coeficientes de temperatura del panel fotovoltaico	113
Tabla N° 12: Comparativo entre los parámetros eléctricos del generador fotovoltaico y el inversor	117
Tabla N° 13: Datos técnicos del inversor Fronius	118
Tabla N° 14: Costo del suministro	120
Tabla N° 15: Costo total del sistema propuesto	121
Tabla N° 16: Parámetros para la viabilidad	121
Tabla N° 17: Tasa de crecimiento del costo del kWh anual	122
Tabla N° 18: Flujo de caja	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la municipalidad de Picsi	4
Figura N° 2: Frontis de la municipalidad de Picsi	5
Figura N° 3: Municipalidad de Picsi.....	6
Figura N° 4: Espectro electromagnético de la radiación solar	20
Figura N° 5: Planta solar de Google.....	25
Figura N° 6: Módulos mono-PERC.....	26
Figura N° 7: Masa de aire (AM) para diferentes ángulos cenitales	29

Figura N° 8: Tipos de radiación sobre una superficie	30
Figura N° 9: Esquema de distribución de la radiación solar	31
Figura N° 10: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el Caribe	32
Figura N° 11: Mapa solar del Perú	34
Figura N° 12: Irradiancia y horas solar pico	35
Figura N° 13: Acimut, altura solar y ángulo cenital.....	37
Figura N° 14: Efecto fotovoltaico	38
Figura N° 15: flujo energético entre el sol, la atmosfera y el suelo.....	39
Figura N° 16: Componentes de la radiación solar	40
Figura N° 17: Célula solar fotovoltaica	41
Figura N° 18: Célula solar de forma esférica.....	43
Figura N° 19: Células solares plásticas.....	45
Figura N° 20: Gráfica de relación del rendimiento con la temperatura	47
Figura N° 21: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica	50
Figura N° 22: Efecto fotovoltaico	53
Figura N° 23: Marco de aluminio de los módulos fotovoltaicos	55
Figura N° 24: Encapsulante de un módulo fotovoltaico	56
Figura N° 25: Caja de conexiones de un módulo fotovoltaico	57
Figura N° 26: Detalle de los componentes de un módulo fotovoltaico	58
Figura N° 27: Conexión serie de los módulos	59
Figura N° 28: conexión en paralelo de módulos.....	60
Figura N° 29: conexión mixta de módulos fotovoltaicos	61
Figura N° 30: Curvas I-V características de un panel fotovoltaico.....	62
Figura N° 31: MPPs en distintas curvas características I-V de módulos fotovoltaicos	63
Figura N° 32: Curvas I-V para diferentes irradiancias a 25 °C y para diferentes temperaturas a una irradiancia de 1000 W/m ²	65
Figura N° 33: Placa positiva y negativa de una batería.....	66
Figura N° 34: Instalación de autoconsumo domestica sin acumulación.....	74
Figura N° 35: Estructura Fija	76
Figura N° 36: Instalación de Seguidor Solar	77
Figura N° 37: Detalle de componentes adicionales para Seguidor Solar	77
Figura N° 38: Analizador de redes FLUKE	91

Figura N° 39: Instalación del analizador de redes	91
Figura N° 40: Diagrama de carga del día 09 de octubre del 2019.....	92
Figura N° 41: Diagrama de carga del día 10 de octubre del 2019.....	93
Figura N° 42: Diagrama de carga del día 11 de octubre del 2019.....	94
Figura N° 43: Diagrama de carga del día 14 de octubre del 2019.....	95
Figura N° 44: Diagrama de carga del día 15 de octubre del 2019.....	96
Figura N° 45: Diagrama de carga del día 16 de octubre del 2019.....	97
Figura N° 46: Irradiación solar en la municipalidad de Pícsi.....	100
Figura N° 47: Distancia mínima de separación entre filas de paneles fotovoltaicos	110
Figura N° 48: Características mecánicas de los paneles fotovoltaicos	111
Figura N° 49: Características geométricas del panel fotovoltaico	111
Figura N° 50: Inversor Fronius Primo 8.2 kW	118

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de reducir los gases del efecto invernadero del medio ambiente; se elabora la presente Tesis, la cual consiste en dimensionar y seleccionar los equipos de un sistema fotovoltaico de autoconsumo la cual ayuda con la disminución del CO₂ en el ambiente.

En el Capítulo I, se describe la realidad problemática actual luego se elaboran los objetivos específicos con la finalidad de lograr el objetivo general.

En el Capítulo II, se presenta los estudios realizados referentes al tema, que sirven para elaborar el marco teórico y los antecedentes, como sustento de la tesis.

En el Capítulo III, descripción del marco metodológico; es decir el plan que se va desde la recopilación de datos, procesamiento hasta obtención de los resultados.

En el capítulo IV, se describe la propuesta que da solución a la problemática existente.

En el Capítulo V, se presenta los resultados obtenidos: el dimensionamiento, selección de equipos y el cálculo del presupuesto.

En el Capítulo VI, se presentan las conclusiones de acuerdo a los objetivos específicos planteados en este trabajo de investigación y por último se adjuntan los Anexos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel internacional

Según (XATACA, 2019) en los próximos cinco años, habrá 100 millones de hogares con paneles fotovoltaicos en el techo. Y, aun así, eso solo será el 25% de toda la energía distribuida producida en el mundo. Esas son las conclusiones de un informe de la Agencia Internacional de la Energía que analizan el desarrollo de la generación solar distribuida y el autoconsumo.

Para que nos hagamos una idea, si como proyecta la AIE la energía renovable alcanza los 1.200 GWs de potencia instalada, la mitad de ella corresponderá a instalaciones de autoconsumo o pequeño tamaño. Es decir, en cinco años, la energía solar distribuida tendrá un tamaño similar a tres veces el sistema eléctrico español. Ahí es nada.

En términos generales, la AIE cree que la energía fotovoltaica distribuida aumentará en más de un 250% para 2024. Como señalan los analistas, si lo comparamos con el periodo de seis años anterior los pronósticos se duplican con creces.

A nivel nacional

Según (Revista energia, 2019) comunica que aunque en los últimos años se han producido grandes cambios en el sector energético, en muchos casos los sistemas de generación siguen basándose en grandes centrales hidroeléctricas, mientras la generación distribuida aún está instalada en pequeña escala y se siguen explorando sus esquemas de generación haciendo hincapié en resultados económicos y ambientales, es decir reducir las emisiones de efecto

invernadero o incentivar la industria de producción de electricidad con energías renovables.

Se sabe que la generación distribuida, dada sus fortalezas propias y adquiridas tiene un potencial de cambio estructural para toda la industria eléctrica de un país haciéndose útil y necesario su impulso y promoción. En el Perú se cuenta con una base legal vinculada al desarrollo de la generación distribuida, por ejemplo, una de las más importantes se refiere que en el 2018 se autorizó la pre-publicación del proyecto del Decreto Supremo que aprueba el reglamento de la Generación distribuida promovida por el Ministerio de Energía y Minas desde el año 2010, que consta de 22 artículos y define dos tipos de generación distribuida diferenciadas en la potencia máxima instalada, entre otros.

A nivel Local

En la Municipalidad de Picsi con la finalidad de ser un ejemplo en la aplicación de la microgeneración distribuida y tener el efecto multiplicador con las consecuencias de ser menos dependiente de la energía eléctrica convencional, reducir la facturación por concepto de consumo de energía eléctrica, proteger al medio ambiente, toma la iniciativa de implementar un sistema de microgeneración distribuida, en esta investigación se presenta el dimensionamiento del sistema de microgeneración distribuida en el cual se muestra que es viable.

1.2. Formulación del Problema

¿Tendremos el suficiente recurso solar para dimensionar un sistema de microgeneración distribuida con sistema fotovoltaico para autoconsumo en la municipalidad de Picsi en el departamento de Lambayeque?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

El lugar en el cual se desarrollará la presente investigación es la municipalidad de Picsi ubicado en el departamento de Lambayeque y que tiene la siguiente ubicación geográfica.



Figura N° 1: Ubicación de la municipalidad de Picsi

Fuente: (Google Maps, 2019)



Figura N° 2: Frontis de la municipalidad de Picsi

Fuente: Elaboración propia

Picsi

Según (Municipalidad de Picsi, 2007), El Distrito de Picsi se encuentra ubicado en la Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque a 8,5 Km. al Noreste de la Ciudad de Chiclayo; cuenta con los centros poblados de Picsi, Capote y San Miguel, y centros rurales como San José, Horcón I, Horcón II, Collocsi, Pancal, El Mango, Higuerón, Carvajal, Chaparral, Morropillo, Fundo el Río I, Faicalito, el Médano.

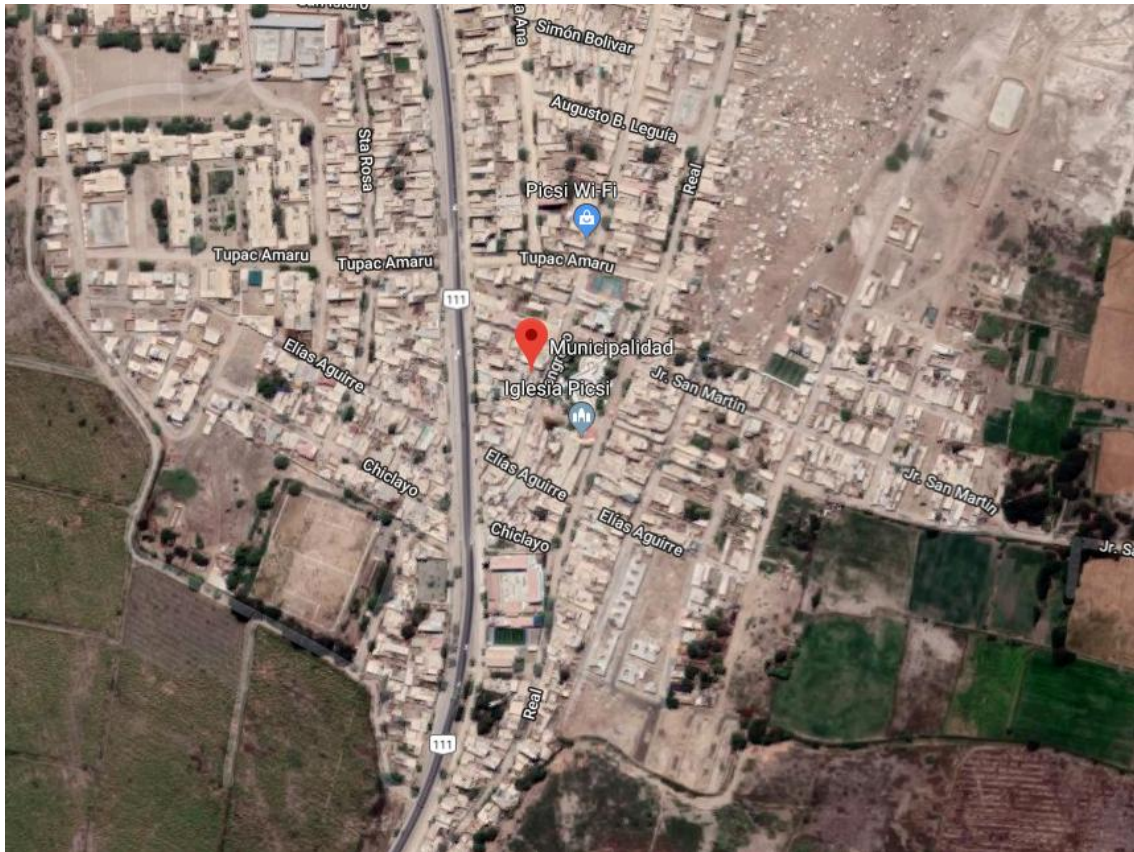


Figura N° 3: Municipalidad de Pícsi

Fuente: (Google Maps, 2019)

Las temperaturas son más altas en promedio en marzo, alrededor de $25,9^{\circ}\text{C}$.

Agosto es el mes más frío, con temperaturas promediando $19,5^{\circ}\text{C}$.

Tabla N° 1: Clima en el distrito de Pícsi

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.9	25.6	25.9	24.5	22.9	21.1	20	19.5	19.5	20.4	21.1	23.2
Temperatura min. (°C)	19.7	20.6	20.6	19.4	18.1	16.6	15.5	15	15.6	15.7	16.2	17.6
Temperatura máx. (°C)	30.1	30.7	31.2	29.7	27.7	25.6	24.5	24	23.4	25.1	26.1	28.9
Temperatura media (°F)	76.8	78.1	78.6	76.1	73.2	70.0	68.0	67.1	67.1	68.7	70.0	73.8
Temperatura min. (°F)	67.5	69.1	69.1	66.9	64.6	61.9	59.9	59.0	60.1	60.3	61.2	63.7
Temperatura máx. (°F)	86.2	87.3	88.2	85.5	81.9	78.1	76.1	75.2	74.1	77.2	79.0	84.0
Precipitación (mm)	2	4	11	3	1	0	0	0	0	2	1	1

Fuente: (CLIMATE-DATA, 2019)

1.3.2. Delimitación temporal

El tiempo que duró la investigación fue de 06 meses.

1.4. Justificación e Importancia de la Tesis

Justificación ambiental

Con la presente tesis al ser implementado el sistema de microgeneración distribuido en la municipalidad de Picsi contribuirá con la reducción de CO₂ que se genera debido a otros tipos de energía como son las energías convencionales.

Justificación Científica

La presente tesis es importante porque promueve el uso de la energía solar fotovoltaica como fuente para generar eléctrica para aplicarlos en aquellos lugares en donde existe suministro de energía eléctrica.

Justificación social

La presente tesis tiene la finalidad de despertar el interés de entidades y gobiernos locales para fomentar la implementación de tecnologías limpias en sus proyectos de inclusión social como sistemas de microgeneración distribuida con el cual se espera reducir la facturación por consumo de energía eléctrica, y no ser tan dependiente de las energías convencionales.

1.5. Limitaciones de la TESIS

Los datos de irradiación solar se han obtenido de la página web de la NASA, el atlas solar del Perú.

1.6. Objetivos de la TESIS

1.6.1. Objetivo General

Dimensionar un sistema de microgeneración distribuida con sistema fotovoltaico para autoconsumo en la municipalidad de Picsi ubicado en el departamento de Lambayeque.

1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Obtener los datos del consumo histórico de energía eléctrica en la municipalidad de Picsi.
- b) Evaluar el potencial solar en el lugar de estudio.
- c) Dimensionar y seleccionar los equipos para el sistema fotovoltaico de autoconsumo en la municipalidad de Picsi.
- d) Evaluar la viabilidad técnica y económica.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Contexto Internacional

Según Gutierrez y Olaya (2016) en su tesis titulado “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO SIN BATERÍAS CONECTADO A UNA RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA”, en el desarrollo del proyecto presenta el dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Sin Baterías Conectado a una Red de Distribución Secundaria con el cual se buscó determinar las condiciones y los elementos mínimos requeridos para establecer una conexión adecuada a la red. Lo anteriormente mencionado se llevó a cabo mediante el análisis de variables (radiación solar en Colombia, demanda residencial en Barranquilla y Bogotá, comportamiento y características de una red de distribución secundaria). Para resolver el planteamiento se realizó una simulación de flujo de carga de un circuito radial de 12 nodos y 39 usuarios residenciales estrato 6 y 4 respectivamente, alimentado por un transformador trifásico de 112,5 KVA.

Según Sacher (2012) en su tesis titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA U.C.V.”, en el resumen nos explica que se plantea el estudio de factibilidad en la implementación de sistemas fotovoltaicos para reducir el consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería U.C.V. considerándose a lo largo del presente trabajo especial de grado la conveniencia de que la luminaria interna sean de tubos fluorescentes de 40 W o la eventual sustitución a tubos led de 18 W. Para

llevar a cabo el estudio previamente mencionado se destaca el dimensionamiento de sistemas FV conectados a la red de energía eléctrica estableciendo en cada uno de los edificios cuadros comparativos entre la cantidad de elementos necesarios para satisfacer la demanda de energía eléctrica en cada uno de los dos escenarios previamente planteados, permitiendo de esta manera analizar la opción que presente más ventajas relacionadas con la contribución de ahorro energético y la disminución de los costos de la inversión inicial.

Según Guerra (2013) en su tesis titulada “Estudio de factibilidad técnico/económica de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica para escuelas de Quinchao”, nos expresa que, en localidades de difícil acceso, aisladas de la red eléctrica, es común el uso de generadores en base a motores Diésel para el abastecimiento de electricidad. Si bien ésta solución es fácil de implementar, posee características que llevan a considerar otro tipo de soluciones. Las principales falencias de un generador Diésel para el abastecimiento de electricidad son: el alto costo de generación, asociado al costo directo de combustible y costos de mantenimiento del equipo, la disponibilidad de la electricidad y la emisión de contaminantes; en esta tesis se busca solucionar los problemas de generación eléctrica de trece escuelas de la comuna de Quinchao, perteneciente al archipiélago de Chiloé. Actualmente la generación eléctrica en estas escuelas se realiza mediante generadores Diésel, por lo que el concepto de disponibilidad se torna crítico, considerando que una falla en el equipo significa la suspensión de las jornadas escolares. Es por esto que se busca estudiar sistemas de generación eléctrica complementarios al sistema

convencional, que funcionen con fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC) solar fotovoltaica y eólica.

Contexto Nacional

Según Cornejo (2013) en su tesis titulado: “SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED EN EL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA”, explica que un sistema fotovoltaico de conexión a red es un tipo de instalación en la que intervienen tres elementos: los paneles fotovoltaicos, el inversor y la línea eléctrica de la red. El generador fotovoltaico se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través del inversor, inyectando la energía producida en esta. Esta tesis estudia el dimensionamiento, diseño, instalación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red convencional, para alimentar parte de la demanda de carga del Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura. Esta tesis se divide en cinco capítulos: En el primer capítulo se describe el sistema fotovoltaico de conexión a red y cada uno de sus componentes. El propósito de esta descripción es conocer los parámetros que determinan el funcionamiento de los componentes para hacer una correcta selección de los mismos en el diseño y dimensionamiento y para poder cubrir las necesidades del usuario y los requerimientos de funcionalidad del sistema. En el segundo capítulo se describe la instalación del sistema, la elección de los equipos, el cableado, la puesta a tierra, las protecciones y el cálculo de la energía anual generada. En el capítulo tres se estudia la rentabilidad de la instalación fotovoltaica, el presupuesto de la instalación, el cálculo del COE y la recuperación de la inversión En el cuarto capítulo se describen las opciones para mejorar la rentabilidad del proyecto,

los bonos de carbono y las primas o incentivos del ministerio o de la empresa distribuidora. En el quinto capítulo se describe el mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

Es así como Serván (2014) en su tesis titulada “ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE BAJA POTENCIA EÓLICO SOLAR CONECTADO A LA RED”, donde el objetivo principal del trabajo era desarrollar una metodología que permita realizar un análisis técnico económico de un sistema de generación de baja potencia, que utilice recursos energéticos renovables y que se encuentra conectado a la red eléctrica.

Como primer paso nos dice se debe determinar la demanda energética. Para el desarrollo de su tesis, se ha escogido como caso de estudio, un usuario que desea implementar el uso de fuentes energéticas renovables, como medio de abastecimiento energético para su vivienda ubicada en la playa de Cangrejos, perteneciente al distrito de Paita.

Posterior al cálculo de la demanda energética, se realizó un análisis en estado estacionario con la finalidad de evaluar el potencial energético disponible en la zona. Se Utilizó la data meteorológica de radiación solar y velocidad del viento, tomada en el lugar de emplazamiento del proyecto por el radar de la Universidad de Piura, luego se calculó el potencial solar y eólico disponibles y se procede a dimensionar correctamente el sistema para la demanda energética calculada previamente.

Dimensionado el sistema se procedió a seleccionar los componentes principales que lo conforman, se realizan los cálculos para el dimensionamiento del cableado y protecciones eléctricas del sistema, y se

selecciona el tipo de estructuras de soporte, así como la ubicación con mejores prestaciones dentro del área de emplazamiento.

Seleccionado todos los componentes de la instalación y el presupuesto inicial requerido, se identificaron los egresos e ingresos anuales del proyecto, con la finalidad de evaluar económicamente la instalación y analizar los factores claves que garanticen la rentabilidad del proyecto.

Camma (2017) en su tesis titulado “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED PÚBLICA EN LA CIUDAD DE PUNO”, en esta tesis se tiene como objetivo optar la descripción de cada uno de los componentes y materiales con la utilización respectiva de cálculos paramétricos de radiación solar con ángulos de orientación e inclinación y los parámetros eléctricos de tensión, intensidad y potencia nominal del generador fotovoltaico con la búsqueda de algoritmos para cada una de sus variables de conversión lo cual nos permitirá monitorear el consumo de un generador fotovoltaico. Así mismo se hace énfasis en la necesidad de optar por una estrategia de 08 sistemas fotovoltaicos conectados a la red pública tanto monofásicos y trifásicos como un medio para alcanzar una evaluación y resultados de estudio sobre estructuras y/o soportes en tejados, azoteas, suelos y los factores de consumo eléctrico económicos del modelo como la previsión de cargas para viviendas y/o residencias propiamente mencionadas. Estos indicadores fueron empleados y comparados para mostrar la relación y diferencia entre distintas formas de desempeño de la instalación y evaluación, puesto que permiten observar la diferencia y el interés de instalar ya que hay formas en tomar decisiones entre una instalación normal monofásica y una trifásica conectadas a la red pública.

Según (Plasencia Coronel, 2018) en la tesis titulado: “Diseño de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a Red de 4,5 kW en el Complejo Policial la Despensa - en el Distrito de José Leonardo Ortiz - Provincia de Chiclayo – Lambayeque” en el resumen nos indica que un sistema fotovoltaico interconectado a red es un tipo de instalación en la que intervienen tres elementos: los paneles fotovoltaicos, el inversor interconectado y la línea eléctrica de la red. El generador fotovoltaico se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través del inversor interconectado, en donde cuando trabaja el generador fotovoltaico de manera automática mediante el inversor interconectado deja de trabajar la red eléctrica convencional. Este proyecto “Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a red de 4,5 kW en el Complejo Policial la Despensa -en el distrito de José Leonardo Ortiz - provincia de Chiclayo – Lambayeque”, estudia la problemática, diseño, dimensionamiento, rentabilidad económica, para alimentar parte de la demanda de carga en luminarias led. Y está conformada por seis capítulos: En el primer capítulo se describe el Problema de investigación en donde se ve la realidad problemática, formulación del problema, justificación e importación y objetivos. En el segundo capítulo se describe el marco teórico que comprende una breve introducción básica a la electrotecnia, energía solar local, nacional y mundial, radiación solar, tipos de sistemas fotovoltaicos, componentes, elección, ventajas, desventajas de un SFVI y terminología. En el tercer capítulo se describe el marco metodológico que comprende tipo y diseño de investigación, población y muestra, formulación de la hipótesis, variables y operacionalización, descripción de los instrumentos utilizados, análisis estadístico e interpretación de los datos. En el cuarto capítulo se

describe la propuesta de investigación. En el quinto capítulo se describe el análisis e interpretación de los resultados que comprende el sistema convencional de generación de energía eléctrica, máxima demanda eléctrica, dimensionamiento, energía eléctrica generada por SFVI, estudio de rentabilidad y discusión de resultados. En el sexto capítulo se describe las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, linkografía y anexos. El objetivo del presente trabajo es evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado (SFVI) en la generación de energía eléctrica, y así proponer que estos sistemas sean implementados en nuestra región, además de contribuir en disminuir emisiones de CO₂, así mismo capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones. Al realizar el presente trabajo se logró determinar que el sistema fotovoltaico a implementar si es económicamente rentable, satisfaciendo la demanda eléctrica considerada en el proyecto.

Así mismo Según (Vega Rojas, 2019) en su tesis titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3,7 kW para el laboratorio de Electricidad y Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”. Un sistema fotovoltaico conectado a la red consta básicamente de un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que funciona en paralelo con la red eléctrica de la concesionaria. El concepto de inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pequeñas potencias (kWp) hasta centrales de varios megavatios pico (MWp). Este proyecto “Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red de 3,7 Kw para el Laboratorio de Electricidad y Máquinas Eléctricas de

la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”, estudia la problemática, diseño, dimensionamiento, rentabilidad económica, para alimentar parte de la demanda del referido laboratorio de nuestra alma máter y contiene los siguientes capítulos: En el primer capítulo se describe el Problema de investigación en donde se ve la realidad problemática, formulación del problema, justificación e importancia y objetivos. En el segundo capítulo se describe el marco teórico que comprende una breve introducción básica a la electrotecnia, energía solar local, nacional y mundial, radiación solar, tipos de sistemas fotovoltaicos, componentes, elección, ventajas, desventajas de un SFCR y aspectos relevantes a la terminología empleada en nuestro proyecto. En el tercer capítulo se hace referencia al marco metodológico que comprende tipo y diseño de investigación, población y muestra, formulación de la hipótesis y variables.

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Energías renovables

El término, energía renovable, engloba una serie de fuentes de energía que en teoría se consideran inagotables a escala humana, ya que se producen de forma continua con el paso del tiempo. Estas fuentes son una alternativa a las otras llamadas convencionales (no renovables) y producen un impacto ambiental mínimo con la excepción de la geotérmica, la totalidad de las energías renovables derivan directa o indirectamente de la energía solar. Directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras; porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de

presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. También de éste procede la energía hidráulica, pues ordena el ciclo del agua y causa la evaporación que predispone la formación de nubes, y, por tanto, de las lluvias. Las plantas se alimentan del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer; toda esta materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente, pues conforma lo que es la energía solar y la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, la mayoría de veces se configura de forma distinta y separando cada una de ellas. (Joaquín Barrios, 2008)

Las energías renovables, a lo largo de la historia y hasta bien entrado el siglo XIX, han cubierto la práctica totalidad de las necesidades energéticas del hombre. Sólo en los últimos cien años han sido superadas, primero por el empleo del carbón, y a partir de 1950 por el petróleo y en menor medida por el gas natural.

La energía nuclear, con 441 centrales nucleares en 2003, con una potencia instalada de 360 GW, cubre una parte insignificante del consumo mundial, y a pesar de algunas previsiones optimistas, su papel será siempre marginal.

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la energía solar, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor, por James Watt, se fueron abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas, utilizándose cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en la que el escaso consumo, no hacía proveer un

agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron. (Joaquin Barrios, 2008)

Hacia la década de años 1970, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura, garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón, fueron llamadas energías alternativas. Actualmente, muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

Se considera que el Sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables.

Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear.

En la actualidad hay sistemas de energía renovable que utilizan más de una de ellas en su configuración. Esto depende de los recursos naturales al alcance, la tecnología disponible y las necesidades que se cubrirán. (Joaquin Barrios, 2008).

2.2.2. Radiación solar

Según (Castejon, 1998), El sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmosfera terrestre en un conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van desde los 0,15 μm a 4 μm aproximadamente, tal como se muestra en la figura 4. La parte del espectro que va de 0,40 μm a 0,78 μm forma el espectro visible que denominamos comúnmente luz, el resto del espectro que no es visible que lo forman las radiaciones con longitud de onda menores a 0,4 μm denominadas radiaciones ultravioletas (UV) y con longitudes de onda mayores a 0,78 μm denominadas radiaciones infrarrojas (IR).

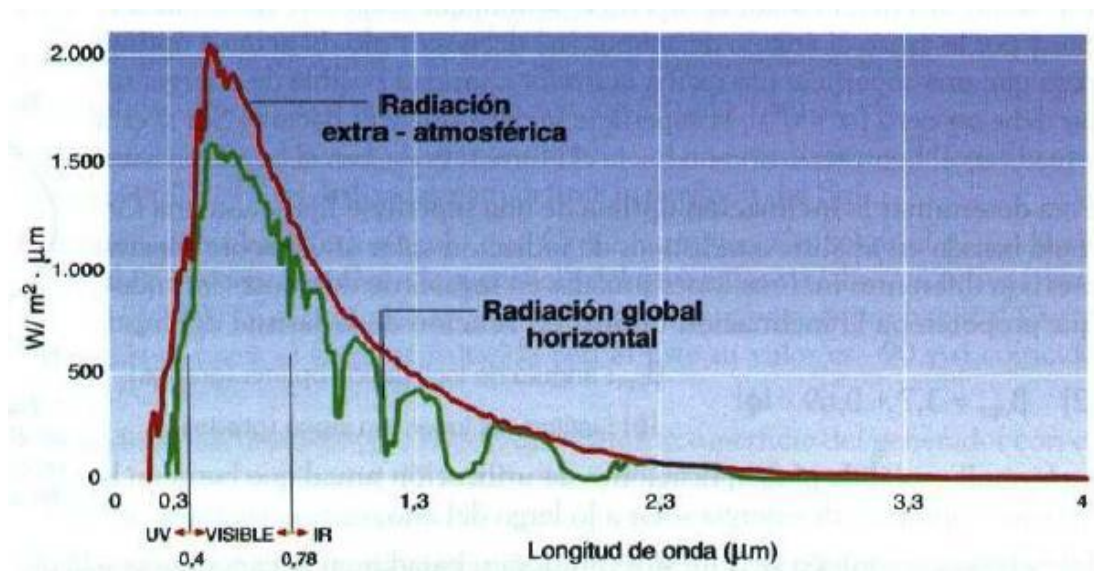


Figura N° 4: Espectro electromagnético de la radiación solar

Fuente: (Castejon, 1998)

2.2.3. Naturaleza de la energía solar

Según (Revista Digital Universitaria UNAM, 2009), el Sol es el objeto central de nuestro sistema solar. Se ha formado hace 6,5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente toda (99,8 %) la masa del sistema solar y es más de 333 000 veces más masivo que la Tierra. Su radio, 700 000 km, es 109 veces más grande que el radio de la Tierra. Así que se necesitarían 1 300 000 planetas Tierra para llenarlo.

El Sol está compuesto principalmente de dos elementos – hidrógeno y helio. Sus abundancias han 3 – xx cambiado a lo largo de su vida, por lo que hoy el hidrógeno y el helio representan el 74,9 % y el 23,8 %, respectivamente de su masa total. El oxígeno sólo contribuye con el 1 %, el carbono con el 0,3 % y el neón y el hierro con el 0,2 %.

La distancia que nos separa del Sol equivale a un poco más de ocho minutos de luz. Esto significa que la luz, viajando a una velocidad de 300 000 km/s, se tarda más de ocho minutos en recorrer la distancia que nos separa del Sol. Es por eso, que cualquier cambio que sucede en la superficie solar, lo podemos ver con un retraso de ocho minutos. Esta distancia, conocida como unidad astronómica (u. a.), se traduce a 150 millones de kilómetros, lo cual es 390 veces más que la distancia a la Luna y 3 750 veces mayor que el largo del ecuador.

La temperatura en el Sol es tan alta, que el material se encuentra en estado plasma, esto es, separado en iones y electrones. A este estado se le conoce comúnmente como el cuarto estado de la materia, debido a la carga eléctrica de las partículas. El material de un plasma interactúa con campos eléctricos y magnéticos y se comporta de manera muy diferente a un gas neutro. El

99% de la materia visible en el universo está en estado plasma, por lo que al estudiar a nuestra estrella podemos aprender sobre fenómenos que ocurren comúnmente en otros entornos.

Estructura Solar

Núcleo: del sol es un reactor de fusión estabilizado gravitacionalmente. La materia se encuentra casi completamente ionizada debido a las altas temperaturas. Es una esfera con un radio igual a la quinta parte que el solar. En el núcleo en cada segundo 5 millones de toneladas de masa son transformadas en energía.

Zona radiactiva: Gas opaco frena el escape de energía, manteniendo el núcleo caliente. Sin presión suficiente para crear fusión; la zona radiactiva y el Sol rotan como un cuerpo sólido.

Zona Convectiva: La convección estelar consiste de movimiento de masa de plasma dentro de la estrella, el cual usualmente forma patrones de corriente circulares en donde el plasma caliente asciende y el plasma frío desciende. La zona convectiva se encuentra a una temperatura de alrededor de 2×10^6 K. La zona convectiva y la zona radiactiva están divididas por la estrecha zona llamada tacoclina.

Fotosfera: tiene un espesor de 500 km y su límite exterior es el límite del globo solar visible. Casi todos los fotones que recibimos salen de la fotosfera. El gas que la compone se encuentra en equilibrio térmico con la radiación que la atraviesa por lo cual pueden ser aplicables las leyes de radiación de cuerpo negro.

Cromosfera: Por encima de la fotosfera del Sol se encuentra la cromosfera en donde la densidad de la materia disminuye rápidamente con la altitud. Su nombre proviene que en los eclipses totales aparece como una capa rojiza y luminosa. El espesor de la cromosfera es de sólo 8.000 km. aprox. En su parte superior, en la transición a la corona, vuelve a aumentar rápidamente la temperatura.

Corona Solar: La corona, la envoltura más externa del Sol, tiene escasa luminosidad y resulta inobservable en el cielo diurno. No así durante eclipses totales o con ayuda de un coronógrafo.

Heliosfera: La heliosfera sería la región que se extiende desde el Sol hasta más allá de Plutón y que se encuentra bajo la influencia del viento solar. Es en esta región donde se extienden los efectos de las tormentas geomagnéticas y también donde se extiende el influjo del campo magnético solar. La heliosfera protege al sistema solar de las radiaciones provenientes del medio interestelar y su límite se extiende a más de 100 UA del Sol, límite solo superado por los cometas.

Energía solar en el mundo

Según: Roca (2019) informa que: las nuevas instalaciones de solar fotovoltaica superarán la barrera de los 100 GW por primera vez en 2019, según el último informe de Wood Mackenzie, Global Solar PV Markets – Top 10 Trends to Watch in 2019.

Si bien 2018 fue un año plagado de incertidumbres, los analistas de WoodMac predicen que este año se instalarán 103 GW de nueva capacidad fotovoltaica, lo que supone una mejora sobre los datos registrados en 2018. Apenas

transcurridos unos días de 2019, ya se observan señales positivas en el mercado solar mundial. «Ya hemos visto claridad en las políticas en China y Arabia Saudita, precios altamente agresivos de almacenamiento solar en Hawaii y planes más audaces para algunos de los proyectos fotovoltaicos más grandes del mundo en la India», dicen los autores.

Estas son, a juicio de los analistas de Wood Mackenzie las 10 tendencias clave de la energía solar fotovoltaica en 2019:

1.- El mercado mundial superará los 100 GW en 2019. El último pronóstico de Wood Mackenzie sitúa las nuevas instalaciones en los 103 GW. El mercado global continúa diversificándose. China perderá peso en el balance mundial del sector, al pasar del 55% en 2017 al 19% en 2023. Los 20 mercados fotovoltaicos más grandes del mundo representarán el 83% de la nueva demanda mundial hasta 2023, y los países que caminarán más rápido se concentrarán en Oriente Medio y el Mediterráneo (Arabia Saudita, Irán, Egipto e Italia).

2.- La energía solar seguirá abaratándose y batiendo nuevos récords. Los analistas de Woodmac creen que los costos fotovoltaicos tienen recorrido para caer hasta 14 dólares / MWh. “La reciente acumulación de ofertas promedio en Egipto, Jordania y Emiratos Árabes Unidos por debajo de los 30 \$ / MWh sugieren que es probable que 2019 vea más precios a niveles similares”.

3.- La revisión objetivos en numerosos países augura un crecimiento a largo plazo. En las primeras semanas de 2019 se han visto con claridad en las políticas y objetivos relacionados con la energía solar fotovoltaica en China y Arabia Saudita. Antes de estos anuncios, pronosticamos que estos serán el primero y octavo mayores instaladores de energía solar fotovoltaica hasta 2023, por lo que la evolución de estos mercados es fundamental para la trayectoria de la demanda global.

4.- Es probable que el Reino Unido sea el único país en unirse al club de la fotovoltaica sin subsidios en 2019. “España, Portugal e Italia han estado a la vanguardia de la energía solar fotovoltaica a gran escala sin subsidios, con numerosos gigavatios en desarrollo. Este año veremos cómo se conecta a la red la primera oleada de esos proyectos. A medida que los costes continúen bajando, 2019 también será el año en que la tendencia se extienda más allá del sur de Europa”.



Figura N° 5: Planta solar de Google.

Fuente: Roca (2019).

5.- Las corporaciones seguirán impulsando la energía solar con objetivos 100% renovables. “Las grandes corporaciones seguirán buscando ahorros y estableciendo objetivos voluntarios de energía renovable. El 56% de estos compradores corporativos son de los sectores de tecnología y datos. En el tercer trimestre de 2018, las adquisiciones corporativas han visto la mayor alza en la participación de mercado de cualquier segmento a gran escala, creciendo entre un 13% y un 15% en un solo trimestre”.

6.- Cada vez más proyectos cambiarán de manos, especialmente en EEUU. La inversión en energía solar está en alza. “Realizamos un seguimiento de casi 21 GW de transacciones de activos fotovoltaicos a nivel mundial en 2018, un 38%

más que el año anterior ... En EEUU, donde el 47% de todas las transacciones de activos solares tuvieron lugar en 2018, esperamos ver un aumento de la actividad buscando carteras de proyectos a gran escala en etapa inicial antes de la reducción del crédito fiscal a la inversión (ITC)”.

7.- El almacenamiento solar a gran escala ‘explota’, pero sigue siendo una solución de nicho en mercados emergentes. “Se han propuesto siete proyectos en Hawai que agregarían 262 MW de energía solar y más de 1 GWh de almacenamiento a un precio increíblemente bajo de 78 \$ / MWh. Wood Mackenzie estima actualmente que hay 1,4 GWh de almacenamiento de energía instalado en todo EEUU y pronostica que 8,8 GWh de capacidad de almacenamiento solar enfrente del contador serán instalados en EEUU para 2023, con una tasa de crecimiento del 82% a partir de 2018 y liderada por California, Arizona, Colorado y Hawai”.



Figura N° 6: Módulos mono-PERC

Fuente: Roca (2019).

8.- Las tecnologías de módulos mono-PERC y bifaciales harán que los precios bajen. “En 2019, el 41% de la capacidad mundial de fabricación de módulos se dedicará a la producción de mono PERC, frente al 36% en 2018. Este año también será el primero en el que veremos importantes instalaciones de módulos bifaciales. Para fines de 2019, a medida que los precios de los módulos combinados globales caigan por debajo de 0,25 \$ / Wdc, el CAPEX promedio mundial caerá a 0,95 \$ / Wdc».

9.- Un año decisivo para los ‘megaproyectos’. “Se prevé que 2019 será un año decisivo para el concepto de licitación de grandes volúmenes de capacidad a través de una única solicitud de propuestas (RFP). De acuerdo con el rastreador de proyectos fotovoltaicos a nivel mundial de Wood Mackenzie, hay más de 63 GW de capacidad de megaproyectos de desarrollador único (500 MW +) en la cartera mundial, de los cuales el 84% se compone de proyectos en fases previas a la construcción».

10.- Las grandes petroleras y gasistas apuestan por la energía solar. «2019 debería ver mayores esfuerzos por parte de las compañías de petróleo y gas para reducir sus propias emisiones, con la energía solar fotovoltaica bien situada para capitalizarlos. Desde las grandes eléctricas privadas hasta los fabricantes de baterías, las compañías de infraestructura de carga de vehículos eléctricos y las empresas de sistemas de energía solar rurales en el África subsahariana, las grandes empresas de petróleo y gas con visión de futuro se están moviendo hacia el espacio de la electricidad.

2.2.3.1. Efectos de la atmosfera sobre la radiación solar

Según (Castejon, 1998), la radiación solar atraviesa la atmosfera antes de llegar a la superficie terrestre y se altera por el aire, la suciedad, el vapor de agua, los aerosoles en suspensión, y otros elementos de la atmosfera. Estas alteraciones son de diferente tipo según la propiedad óptica que se pone de manifiesto:

Reflexión: nubes.

Absorción: ozono, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua. Solo actúa sobre algunas longitudes de onda de la radiación.

Difusión: polvo, aerosoles, gotas de agua.

Estos efectos varían dependiendo de la cantidad de atmosfera que la radiación solar ha de atravesar. Para especificar esta distancia se utiliza el concepto de masa de aire (AM) que es el espesor de la atmosfera terrestre que recorre la radiación solar directa expresado en múltiplo del camino que recorrería en una dirección perpendicular a la superficie terrestre. (Castejon, 1998).

Cuando el sol está en su posición más alta, en un día sin nubes (ver figura 7) la masa de aire atravesada es mínima y vale 1 a nivel del mar. Se indica como AM1. El valor de AM0 se utiliza para especificar las condiciones sobre una superficie normal al sol fuera de la atmosfera terrestre.

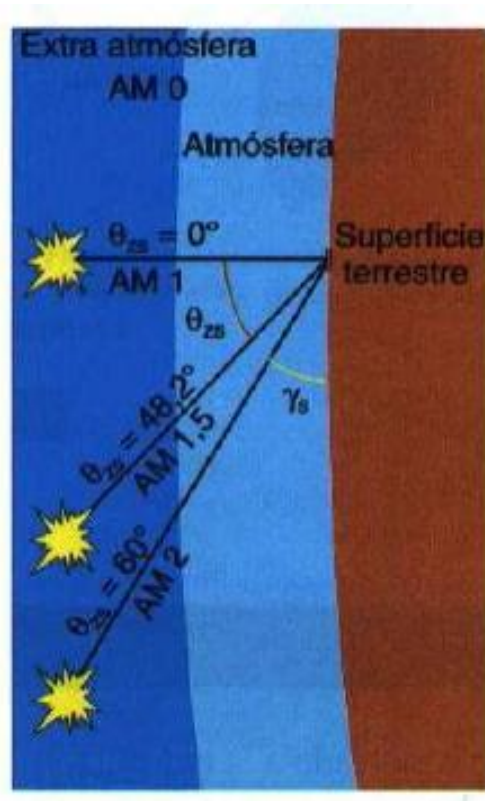


Figura N° 7: Masa de aire (AM) para diferentes ángulos cenitales

Fuente: (Agustin Castejon, 2010)

Se puede calcular la masa de aire con la expresión:

$$AM = \frac{1}{\text{Sen} \gamma_s} = \frac{1}{\text{Cos} \theta_{zs}} \dots (Ec. 1)$$

Donde:

γ_s : Es el ángulo de elevación solar

θ_{zs} : Es el ángulo o distancia cenital

Cuando se especifica la potencia máxima de un módulo fotovoltaico en sus hojas de datos se indica para un valor de AM 1,5 que corresponde a un ángulo cenital de 48,2°.

2.2.3.2. Tipos de radiación solar sobre una superficie

La radiación solar sobre la superficie terrestre tiene variaciones temporales, siendo unas aleatorias, como la nubosidad, y otras previsibles, como son los cambios estacionales o el día y la noche; provocados por los movimientos de la tierra.

Para facilitar su estudio, la radiación solar sobre un receptor se clasifica en tres componentes: La difusa y reflejada o de albedo. (ver figura 8)

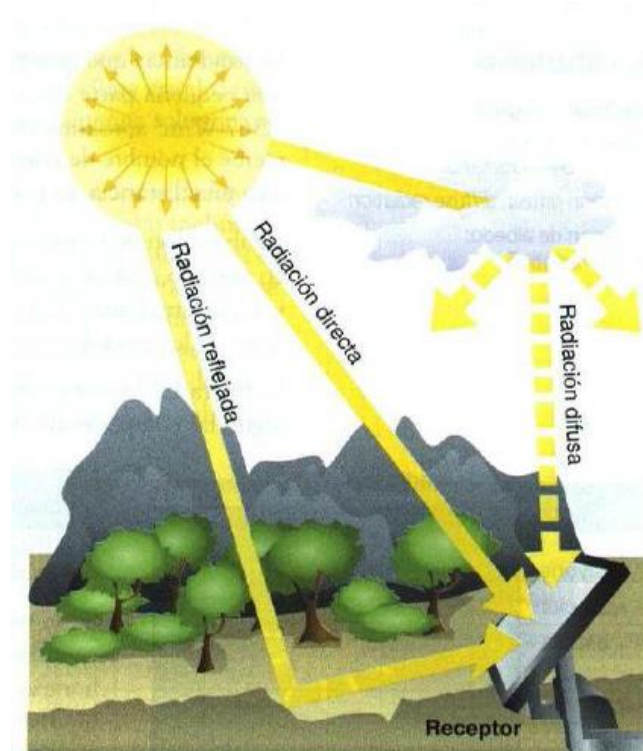


Figura N° 8: Tipos de radiación sobre una superficie

Fuente: (Agustin Castejon, 2010)

- a) **Radiación directa:** la forman los rayos recibidos directamente del sol.
- b) **Radiación difusa:** procedente de toda la Bóveda del cielo, excluyendo el disco solar, la forman los rayos dispersados por la

atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación recibida es difusa)

- c) **Radiación reflejada o de albedo:** reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente de la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. Que rodean al receptor. (Castejon, 1998).

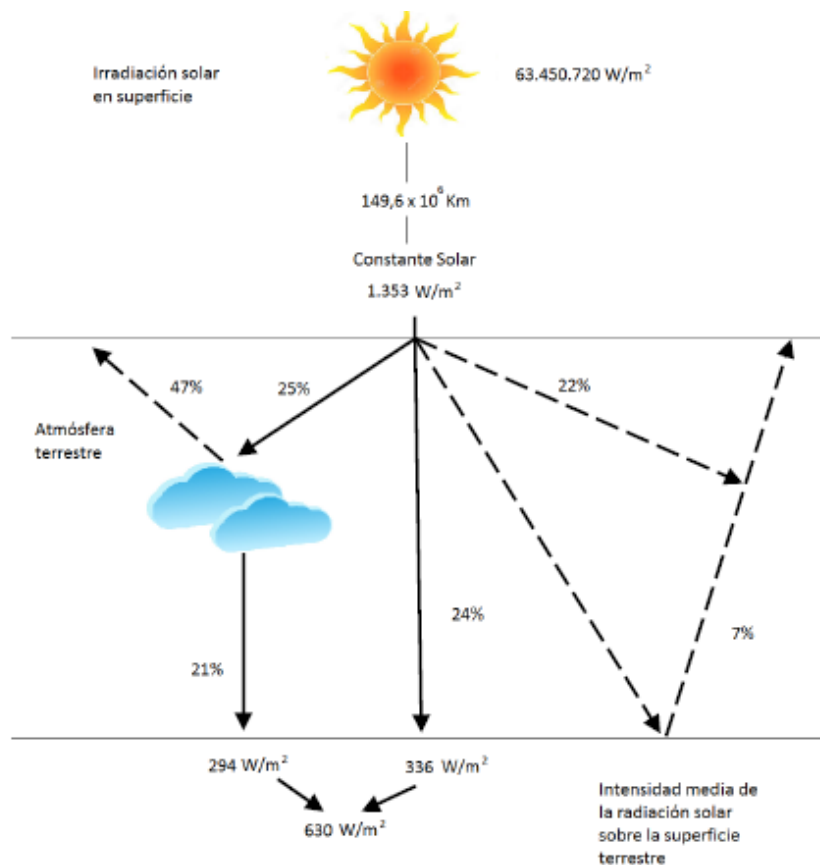


Figura N° 9: Esquema de distribución de la radiación solar

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de **radiación global** que es la radiación solar total que recibe la superficie del receptor y por lo tanto la que nos interesa conocer y cuantificar.

La radiación solar absorbida por la atmósfera terrestre no es aprovechada al 100 %.

Según el Instituto Geofísico del Perú, en términos generales, el 24 % de la radiación llega directamente, el 21 % de la radiación no llega directamente. Mientras que el 29 % se pierde en el espacio (ver figura 9).

El Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, por ello cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Dentro de la región, solo Chile lo supera. Esto se puede observar en la siguiente figura N° 10.



Figura N° 10: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el Caribe

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

Energía solar en el Perú

Según PCPU (2017), la energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m²; 5,0 a 6,0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m².

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú. El primer ámbito (y más tradicional) es el uso como fuente térmica a través de termas de agua en zonas del sur peruano, principalmente Arequipa y Puno, departamentos en los que existe cerca de 30 empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Asimismo, su uso no se limitaría a lo domestico sino también podría incluirse en usos productivos como secadores de granos para la agricultura (en la zona sur la producción de granos andinos como kiwicha, quinua, kañihua es alta) así como para como la potabilización de agua en aquellas zonas que lo requieran.

No cabe duda de que las opciones de uso de la energía solar son grandes. Lamentablemente, aún existe desconocimiento de aquellos sectores que pueden aprovecharlo más intensamente. Desarrollar este subsector energético sería

crucial ya que es una de las mejores opciones para cambiar la actual matriz energética mundial intensiva en gases de efecto invernadero.



Figura N° 11: Mapa solar del Perú

Fuente: Volt (2010)

2.2.4. Insolación

Éste es otro concepto importante, el cual corresponde al valor acumulado de la irradiancia en un tiempo dado. Si el tiempo se mide en horas (h), la insolación tendrá unidades de Watts hora por metro cuadrado (Wh/m^2). Generalmente, se reporta este valor como una acumulación de energía que puede ser horaria, diaria, estacional o anual. La insolación también se expresa en términos de horas solares pico (HSP). Una hora solar pico es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de $1,000 \text{ W/m}^2$ (véase figura 12). La energía que produce un arreglo FV es directamente proporcional a la insolación que recibe.



Figura N° 12: Irradiancia y horas solar pico

Fuente: (Lara Yevenes, 2007).

Para calcular entonces el valor de HSP se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Ese valor de irradiancia

en condiciones estándar de medida es de 1000 W/m^2 . Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP.

Por ejemplo, si tenemos una irradiación de $3,800 \text{ Wh/m}^2$, para pasarla a HSP, se divide entre $1\,000 \text{ W/m}^2$, con lo que obtenemos 3,8 HSP.

2.2.5. Posicionamiento solar

Para saber con precisión en qué posición está el sol en cada instante con respecto a un observador inmóvil, se utilizan unos valores denominados azimut solar, altura solar y ángulo cenital. (Figura N° 13)

Ángulo acimutal o azimut solar (Az): es el ángulo de giro del Sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el sur (0°).

Altura solar (h): es el ángulo que forman los rayos solares con la superficie horizontal.

Ángulo cenital o distancia cenital (z): es el ángulo que forma el rayo con la vertical, es decir, el complemento de la altura solar.

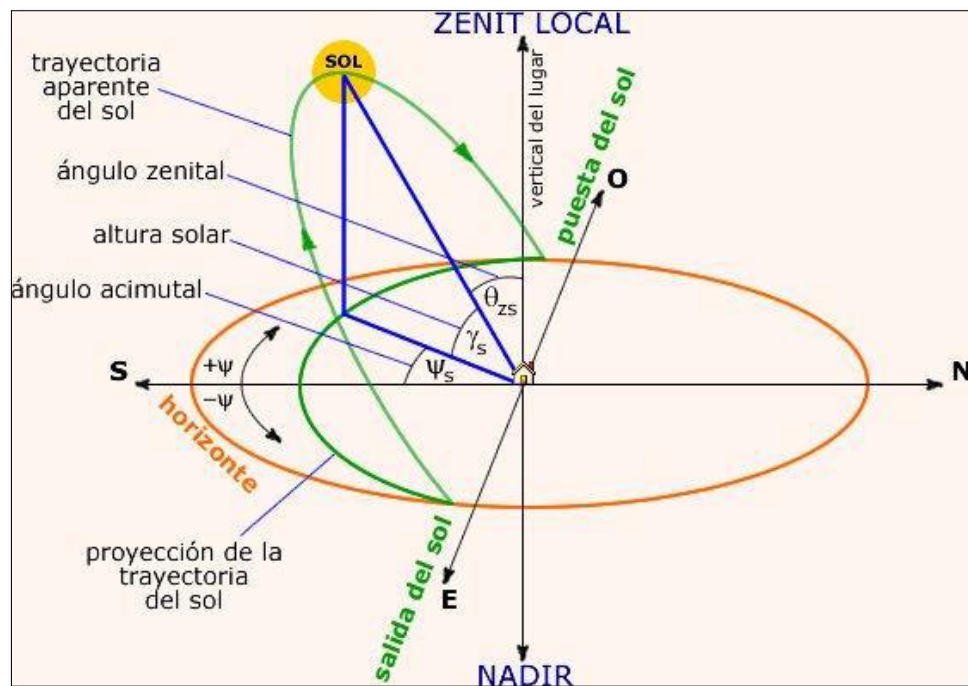


Figura N° 13: Acimut, altura solar y ángulo cenital

Fuente: (Gimenes, 2010)

2.2.6. Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a través de él. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con

un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. A continuación, se ilustra este efecto para su mayor comprensión (figura 14).

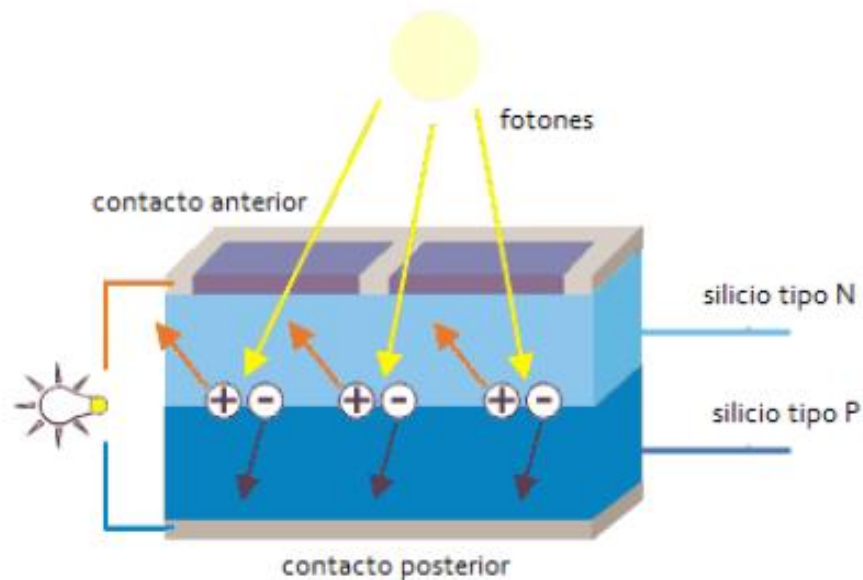


Figura N° 14: Efecto fotovoltaico

Fuente: (Cervantes Torres, 2017)

2.2.7. Irradiancia solar

Según (ABB, 2011, pág. 5), la irradiancia solar es la intensidad de la radiación electromagnética solar incidente en una superficie de 1 metro cuadrado [kW/m^2]. Esta intensidad es igual a la integral de la potencia asociada a cada valor de la frecuencia del espectro de radiación solar. Al atravesar la atmósfera, la intensidad de la radiación solar decae porque es parcialmente reflejada y absorbida (sobre todo por el vapor de agua y el resto de gases atmosféricos). La radiación que logra atravesarla queda parcialmente difusa por el aire y las partículas sólidas en él suspendidas.

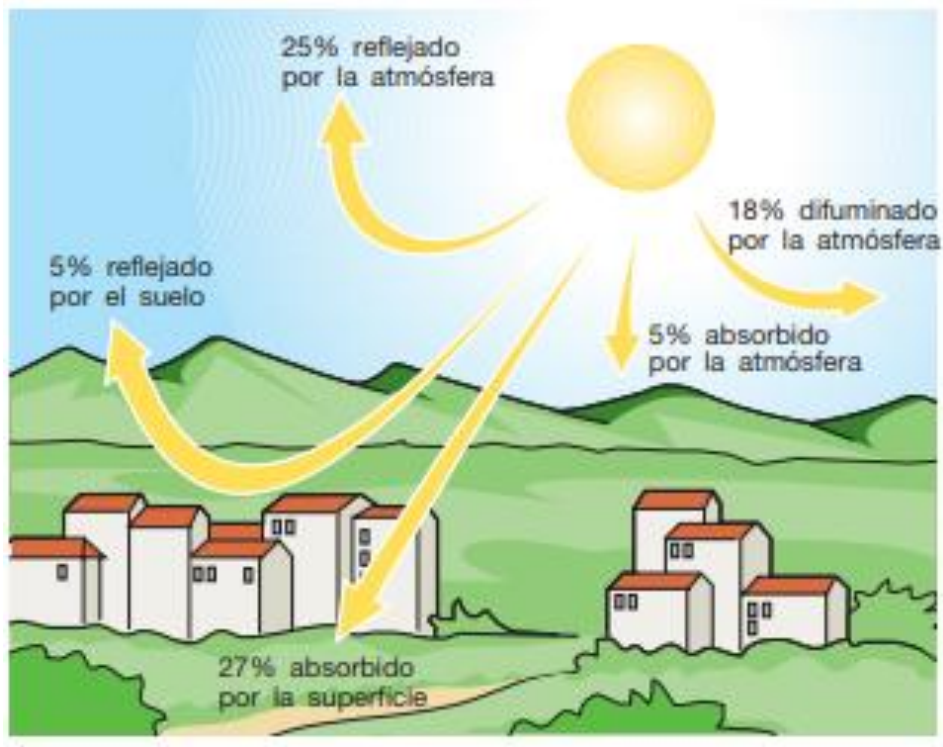


Figura N° 15: flujo energético entre el sol, la atmosfera y el suelo

Fuente: (ABB, 2011, pág. 5)

2.2.8. Irradiación solar

Irradiación solar es la integral de la irradiancia solar a lo largo de un periodo de tiempo determinado [kWh/m^2]. Por tanto, la radiación que incide sobre una superficie horizontal está compuesta por radiación directa, relacionada con la irradiancia sobre la superficie, por radiación difusa, que llega a la superficie procedente de todo el firmamento y no de una parte específica del mismo, y por radiación reflejada en determinadas superficies del suelo y el entorno próximo (figura N° 16). En invierno el cielo está cubierto y la componente difusa es mayor que la directa.

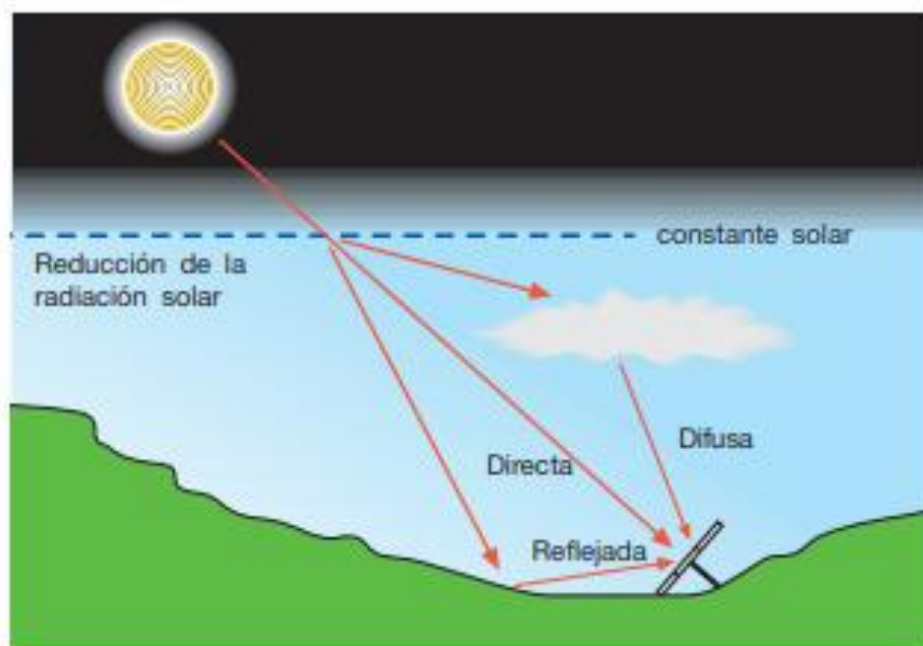


Figura N° 16: Componentes de la radiación solar

Fuente: (ABB, 2011, pág. 6)

2.2.9. Celda solar fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas son elementos que producen electricidad al incidir la luz sobre su superficie; la fuente de luz utilizada generalmente es el sol. Estas celdas también son conocidas como baterías solares, fotopilas o generadores helio voltaico. Dado que cada elemento puede generar una cantidad reducida de electricidad, en sus orígenes se destinaron a alimentar consumos pequeños con requerimientos particulares, como los de la exploración espacial. Las partes más importantes de la celda solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentemente dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en la otra, en la figura 17 se ilustran los componentes de una celda fotovoltaica.

Cuando la luz solar incide en la celda, se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico formando así una corriente eléctrica. Es por ello que estas celdas se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía. Desafortunadamente no hay un tipo de material ideal para todos los tipos de celdas y aplicaciones.

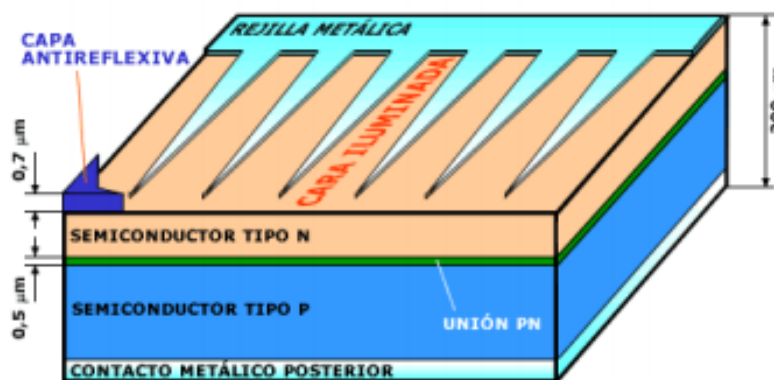


Figura N° 17: Célula solar fotovoltaica

Fuente: (UJAEN, 2018)

2.2.9.1. Tipos de celdas fotovoltaicas

Tradicionalmente estaban definidos tres tipos de paneles dependiendo de forma de procesar el Silicio: mono-cristalinos, poli-cristalinos y amorfos. Hoy día nuevas tecnologías en la producción de los paneles están revolucionando la generación eléctrica fotovoltaica.

- Celdas Esféricas: están compuesto por pequeños corpúsculos de silicio como gotas de silicio, consiste en una matriz de pequeñas células solares esféricas capaces de absorber la radiación solar con cualquier ángulo.

- Celdas Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular o hexagonal).
- Celdas Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Celdas Amorfás: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Células solares con forma esférica

Nuevas células solares con forma esférica y tamaño diminuto (entre 1 y 1,5 mm de diámetro) podrían suponer una importante revolución en la expansión y campo de aplicación de la energía solar fotovoltaica.

En Japón líder en tecnología fotovoltaica se ha desarrollado unas nuevas celdas solares con forma esférica y minúsculo tamaño entre 1 y 1,5 mm de diámetro, a diferencia de las celdas planas tradicionales de 72 mm. El avance podría suponer una revolución en la energía solar fotovoltaica. El producto desarrollado por la empresa japonesa Kyosemi y al que se ha denominado como Sphelar®, consiste en una matriz de pequeñas células solares esféricas capaces de absorber la radiación solar con cualquier ángulo, pudiendo aprovechar tanto la radiación reflejada como la difusa, con esta tecnología no es necesario el uso de seguidores y su eficiencia llega a superar el 20%.

La disposición de las células en un medio flexible y transparente, amplía el campo de aplicaciones para la energía solar fotovoltaica, como la posibilidad de incorporarlas en pequeños aparatos electrónicos o convertir grandes superficies acristaladas como generadores de electricidad. Su aplicación en España permitiría reducir el impacto visual, especialmente en grandes ciudades y zonas de interés turístico.



Figura N° 18: Célula solar de forma esférica

Fuente: (ENERGIZA, 2017)

El gran auge del uso de Paneles fotovoltaicos para la generación eléctrica en los últimos años ha permitido que la industria de Paneles desarrolle nuevas tecnologías para producir paneles cada vez de menor coste.

Actualmente existen diversas soluciones técnicamente viables para la generación de electricidad a partir de luz solar basadas, fundamentalmente, en células fotovoltaicas de silicio relativamente caras. Las tecnologías actuales de película delgada basadas en el silicio podrían estar llegando al límite en cuanto a relación eficacia-coste.

Además, el nuevo precio de la energía para las instalaciones de tecnología solar fotovoltaica en España exige una importante reducción en la inversión para su viabilidad económica. El principal coste está en los paneles fotovoltaicos por ende se requiere de paneles fotovoltaicos de menor coste, viabilidad que está en el desarrollo de células fotovoltaicas orgánicas.

Los fotovoltaicos orgánicos (OPV) cuentan con la ventaja de que se pueden pintar sobre una superficie, como las paredes exteriores de un edificio o el tejado.

Además, se pueden elaborar por medio de procesos de impresión y de recubrimiento de alta velocidad y escalables, como las pinturas en aerosol y la impresión de inyección de tinta para cubrir áreas más extensas.

Los módulos de película delgada (thin-film) no están hechos a base de células de silicio convencionales, sino que se basan en CIGS (Cobre Indio Galio Selenio) incrustadas en un soporte flexible y ligero y aptas para colocarlas no sólo sobre los tejados, sino también sobre las fachadas de los edificios, ventanas, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y coches. Estas nuevas tecnologías, que se revelan como más rentables y eco eficientes, que constituyen, sin duda, una alternativa de bajo coste que permite la inversión acorde a las condiciones económicas del precio de la energía en España y el mundo.

España con la nueva ley, no solo reduce el precio de la energía producida, sino que también reduce significativamente la cuota de instalaciones fotovoltaicas.

La importante reducción en el coste de puesta en marcha de las instalaciones fotovoltaicas compensa la importante reducción en la tarifa de compra. Pero por otro lado la deficiente infraestructura de las redes de transmisión eléctrica en Media Tensión de España, impide el desarrollo de este importante sector de la economía.

Células solares plásticas basadas en polímeros

Las células solares de polímeros son un tipo de célula solar flexible. Pueden venir en muchas formas incluyendo: células solares orgánicas (también llamados células solares de plástico), o la química orgánica de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz del sol usando polímeros.

También hay otros tipos de semiconductores de película delgada más estables, que pueden ser depositados en los diferentes tipos de polímeros para crear las células solares. Esta tecnología es relativamente nueva, se está investigando por las universidades, laboratorios y varias empresas de todo el mundo.

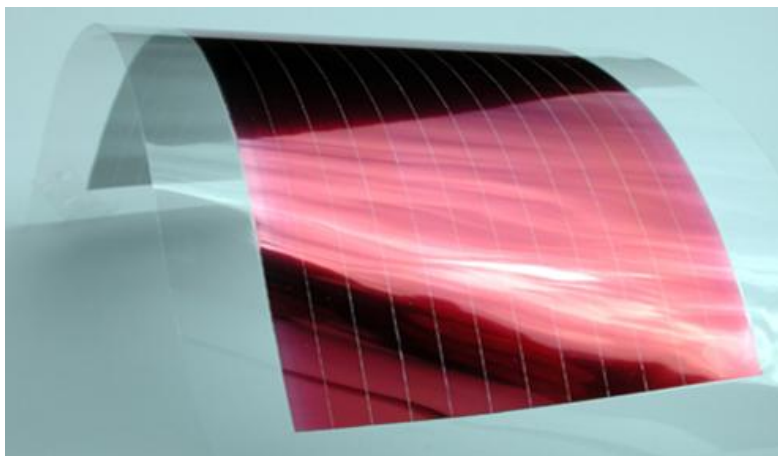


Figura N° 19: Células solares plásticas

Fuente: (ENERGIZA, 2017)

Concepto básico de las células solares plásticas

En la actualidad, las células solares comerciales se hacen de un cristal refinado, de silicio altamente purificado, similar a los materiales utilizados en la fabricación de circuitos integrados y chips de computadora (obleas de silicio).

El alto costo de estas células solares de silicio, y su complejo proceso de producción ha generado interés en el desarrollo de tecnologías alternativas de energía fotovoltaica.

En comparación con dispositivos basados en silicio, células solares de polímeros son ligeros (lo cual es importante para los pequeños sensores autónomos), potencialmente desechables y baratos de fabricar (a veces

utilizando la electrónica impresa), flexible, personalizable a nivel molecular, y tienen una menor posibilidad de negativa del medio ambiente impacto.

Las desventajas de las células solares de polímeros son también problemas serios: ofrecen aproximadamente 1 / 3 de la eficiencia de materiales duros, y son relativamente inestable hacia la degradación fotoquímica. Por estas razones, a pesar de los continuos avances en los polímeros semiconductores, la gran mayoría de las células solares se basan en materiales inorgánicos.

Ventajas de las células solares plásticas

A diferencia de las celdas basadas en cristales de silicio, las células solares de polímeros, no requieren una orientación optima al sol ya que plástico recoge energía de hasta 70° del eje de sol a sol al aire libre y en cualquier orientación en el interior.

2.2.9.2. Temperatura de operación nominal de la célula

Temperatura de operación nominal de la celda, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiación de 800 W/m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s. Influencia de la temperatura en los parámetros básicos de una célula fotovoltaica: Al aumentar la temperatura de la célula empeora el funcionamiento de la misma:

- Aumenta ligeramente la Intensidad de cortocircuito.
- Disminuye la tensión de circuito abierto, aprox: -2.3 mV/°C
- El Factor de Forma disminuye.
- El rendimiento decrece.

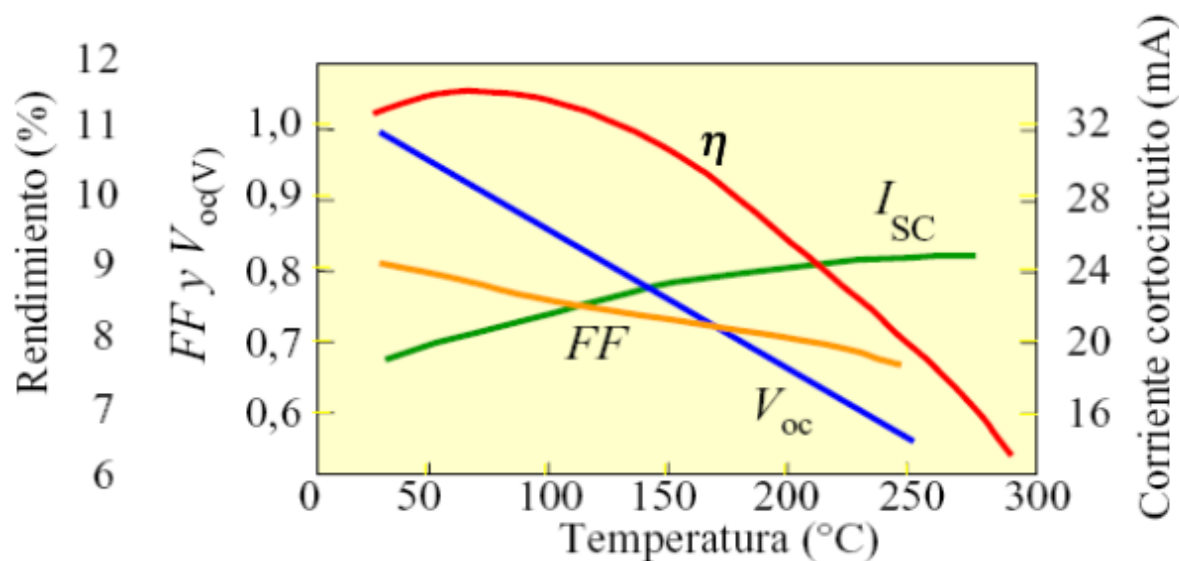


Figura N° 20: Gráfica de relación del rendimiento con la temperatura

Fuente: (Cervantes Torres, 2017)

2.2.10. Sistema fotovoltaico

Según (QUIMINET, 2018), un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). En un sistema conectado a la red eléctrica esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada en hogares e industrias.

La generación de energía eléctrica dependerá de las horas que el sol brille sobre el panel solar y del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación, inclinación, radiación solar que les llegue, calidad de la instalación y la potencia nominal.

Los dispositivos a través de los cuales se absorbe la energía solar son las celdas solares.

Estos son elementos de los sistemas fotovoltaicos que tienen la capacidad de producir energía eléctrica al aprovechar la luz solar que incide en ellos. Las celdas solares se fabrican con materiales semiconductores, tales como el silicio, que tienen la función de recibir los fotones que viajan a través de los rayos solares.

Una vez que los fotones que emite la radiación solar entran en contacto con los átomos presentes en las celdas solares, se liberan electrones que comienzan a circular a través del material semiconductor con el que se fabrican las celdas y se produce energía eléctrica.

Un sistema fotovoltaico puede ser “interconectado” que es lo más conveniente para residencias o negocios con acceso a la red eléctrica de la CFE.

Con este sistema la energía generada se inyecta a la red eléctrica y de allí se toma cuando uno la necesita. La otra opción es un sistema “isla” que permite el suministro de energía eléctrica en lugares inaccesibles para la red eléctrica. Estos sistemas son usados principalmente en casas de campo o en antenas de telecomunicación.

2.2.11. Sistema conectado a red

La corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, el usuario sigue comprando la energía eléctrica que consume a la compañía distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora. Este

tipo de aplicaciones está creciendo gracias al precio primado de venta a la red del kWh. (solar 2016)

Las potencias más usuales son de 2,5 y 5 kW o múltiplos de 5 hasta 100 kW. Existen instalaciones mayores, pero tienen una prima inferior por lo que sólo las realizan empresas o centros de investigación, ya que se amortizan en periodos más largos (solar 2016).

Algunas de las aplicaciones de estos sistemas son las siguientes:

Instalaciones en tejados, terrazas, etc. de viviendas que dispongan de conexión a la red de distribución eléctrica: Se aprovecha la superficie del tejado para colocar sistemas modulares de fácil instalación.

Plantas de producción: Son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos (“huertas solares”, “cooperativas energéticas”) o sobrepuestas en grandes cubiertas de zonas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, etc.)

Integración en edificios: Consiste en la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico, y que por tanto son generadores de energía (recubrimientos de fachadas, muros cortina, parasoles, pérgolas, etc.).



Figura N° 21: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica

Fuente: (SOPELIA, 2016)

El termino autoconsumo se aplica cuando un usuario de un sistema de generación de energía eléctrica o en este caso energía fotovoltaica, es consumidor de una parte o del total de la energía que produce, independientemente si consume electricidad de otras fuentes como puede ser la red eléctrica convencional. Aunque un sistema eléctrico autónomo también es un sistema de autoconsumo, este término se suele utilizar para los sistemas fotovoltaicos con posibilidad de tener conexión a red (CENSOLAR 2016).

Desde el punto de vista funcional se pueden describir tres modalidades de autoconsumo: instantáneo, instantáneo con acumulación y sin limitación de energía. (Mesones Abanto, 2019).

2.2.11.1. Autoconsumo instantáneo

Son sistemas fotovoltaicos que pueden funcionar de forma autónoma y a la vez tienen la posibilidad de recibir energía eléctrica para alimentar todo o partes del consumo siempre y cuando este lo requiere, como por ejemplo en periodos de poca o nula radiación solar o cuando el consumo es demasiado elevado.

La peculiaridad de estos sistemas es que pueden recibir energía eléctrica de la red convencional, pero el sistema fotovoltaico no puede inyectar energía a la red. Por eso son llamados sistemas de autoconsumo instantáneo o también de inyección cero, donde se controla la entrada de energía de la red mediante dispositivos electrónicos. (Mesones Abanto, 2019)

2.2.11.2. Autoconsumo instantáneo con acumulación

Son sistemas parecidos a los anteriores, pero con la diferencia que estos poseen acumulación eléctrica gracias al uso de baterías. También son llamados sistemas fotovoltaicos semi aislados o sistemas asistidos, debido a que es idéntico a un sistema fotovoltaico aislado, pero con la diferencia que este posee una fuente auxiliar de energía eléctrica, siendo en este caso la propia red convencional. (Mesones Abanto, 2019)

A pesar de que estos sistemas tienen un elevado coste debido a los acumuladores eléctricos, este posee una ventaja respecto al anterior, en el cual el usuario puede contratar una potencia de red menor, lo que disminuiría mucho más la tarifa cobrada por la compañía eléctrica local. (Mesones Abanto, 2019).

2.2.11.3. Autoconsumo sin limitación de energía

Son sistemas parecidos a los de autoconsumo instantáneo, pero están habilitados técnica y legalmente para inyectar energía a la red eléctrica, creando la posibilidad de obtener por ello una bonificación económica por parte de la compañía de electricidad local. Por ello estos tipos de sistemas son conocidos como de autoconsumo sin limitación de energía o de autoconsumo ilimitado.

Para el control de estos sistemas se necesitan de dispositivos fabricados únicamente con el propósito de activar y desactivar la inyección de energía a la red, los cuales pueden estar integrados dentro de los inversores u onduladores. La función de estos sistemas es básicamente inyectar energía a la red en los momentos en que la energía consumida es menor a la generada, es decir se inyecta la energía sobrante en cada instante evitando que se pierda. La rentabilidad de este sistema dependerá si en el país de instalación existe la legislación necesaria que obligue a las compañías eléctricas a aceptar la generación de pequeños y medianos sistemas FV y recompensar por aquello. (Mesones Abanto, 2019).

2.2.11.4. Componentes de los sistemas fotovoltaicos conectados a red

Modulo fotovoltaico

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie, son las encargadas de captar la energía procedente del sol en forma de radiación solar y transformarla en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico se produce al incidir la radiación solar sobre los materiales definidos como semiconductores

extrínsecos. Cuando sobre la célula solar incide la radiación, aparece en ella una tensión análoga a la que se produce entre los bornes de una pila (ver figura 22).

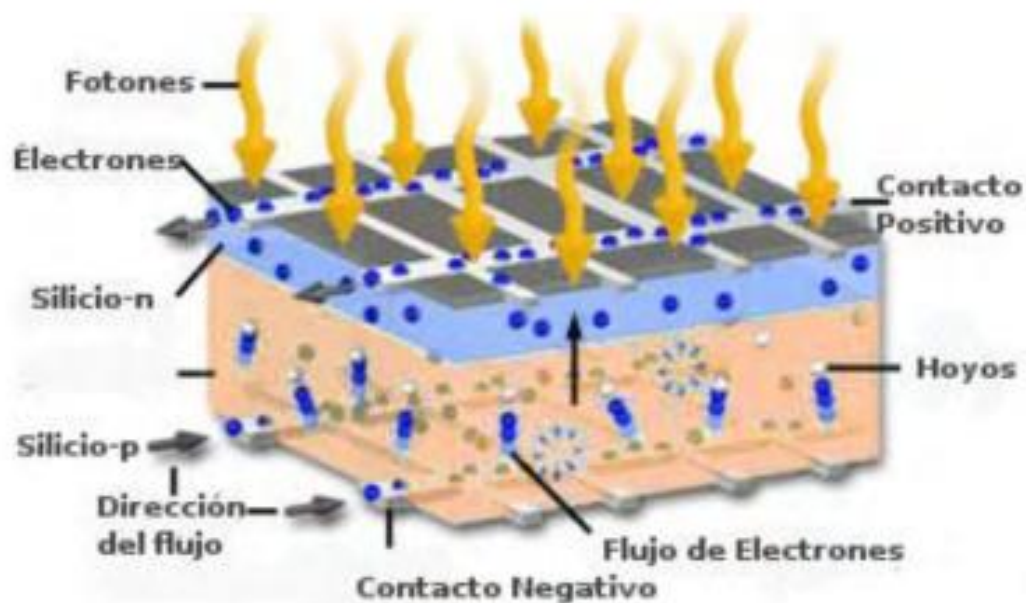


Figura N° 22: Efecto fotovoltaico

Fuente: (Cornejo Lalupu, 2013)

La mayoría de las células solares están constituidas de silicio mono o policristalino. Las células solares de silicio monocristalino se fabrican a partir de un único cristal de silicio extraído de un bano de silicio fundido, este tipo de células son las más utilizadas en la tecnología solar y la más comercializada ya que su rendimiento es el mayor de todos los tipos de células solares siendo este de entre el 15% y el 18%.

Debido a su alto coste, está empezando a utilizarse de forma masiva el silicio policristalino, mucho más barato de fabricar ya que está formado por un conjunto de estructuras macrocristalinas de silicio además su rendimiento es bastante próximo al de las células monocristalinas, en torno al 12% y 14%.

Por último, existe otra familia de células solares constituidas de silicio amorfo que aparecen debido a que la fabricación de células solares de silicio cristalino sigue siendo muy alta, la fabricación de este tipo de células es mucho más simple y por lo tanto son mucho más baratas, pero, aunque tienen un buen comportamiento ante agentes externos, se degradan más rápidamente y su rendimiento es bastante inferior al de las células cristalinas, inferior al 10%.

A la hora de dimensionar la instalación solar fotovoltaica, es primordial conocer los parámetros eléctricos fundamentales de los módulos fotovoltaicos que están comercialmente disponibles:

- **Punto de máxima potencia (PMP):** producto del valor de la tensión (V_m) e intensidad (I_m) máximas para los que la potencia entregada es máxima.

- **Factor de forma (FF):** cociente entre la potencia máxima que puede entregarse a una carga y el producto entre la tensión a circuito abierto y la intensidad de cortocircuito. Suelen ser habituales los valores comprendidos entre 0.7 y 0.8.

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{V_o \times I_{cc}} \dots (Ec. 2)$$

- **Eficiencia de conversión energética:** cociente entre la potencia eléctrica máxima y la potencia dependiente de la irradiancia incidente (PL) sobre la célula.

$$\eta = \frac{P_M}{P_L} = \frac{I_m V_m}{P_L} \dots (Ec. 3)$$

- **Temperatura:** Es importante considerar los efectos de la temperatura ya que influye en cada uno de los parámetros de la célula mencionados. A tener en cuenta, a mayor temperatura:

- Aumenta la intensidad de cortocircuito (I_{cc})

- Disminuye la tensión a circuito abierto (V_o)
- Disminuye el factor de forma (FF)
- Decrece el rendimiento, esto se debe principalmente al calentamiento que sufren las células por su continuada exposición al sol, pudiéndose alcanzar temperaturas muy elevadas.

Partes de un módulo fotovoltaico

Las partes del módulo fotovoltaico son las siguientes:

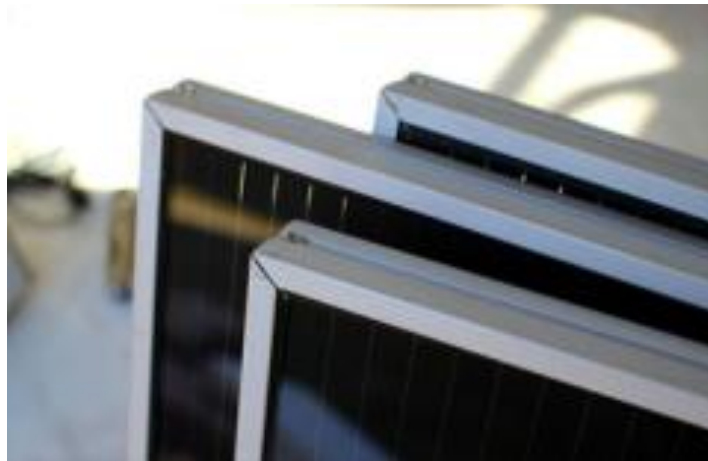


Figura N° 23: Marco de aluminio de los módulos fotovoltaicos

Fuente: (HELIOSFERA, 2018)

Marco: realizado generalmente en aluminio anodizado, tiene la función de ensamblar el resto de componentes además de dotar al conjunto de rigidez y servir como elemento de fijación a la estructura soporte.

Para garantizar la estanqueidad, el marco debe estar sellado con neopreno, silicona u otro material similar con la cubierta frontal. Algunos módulos como los flexibles y los decorativos no emplean marco.

Cubierta frontal: es un vidrio templado con un espesor entre 3 y 4 mm que proporciona la protección de las células frente a las inclemencias atmosféricas e impactos. Para aprovechar al máximo la radiación solar, se utiliza cristal con bajo contenido en hierro que tiene una elevada transmisividad (en el rango de longitudes de onda que producen efecto fotoeléctrico, 350 a 1200 nm en caso de células de silicio), y una baja reflexividad en la superficie frontal. Es importante también que ofrezcan un buen deslizamiento para evitar la deposición de polvo y suciedad.

Encapsulante: El material más utilizado es el etil-vinil-acetato (EVA). Está en contacto directo con las células fotovoltaicas y su función es dar adhesión entre ellas para proteger las conexiones de la posible humedad y vibraciones.

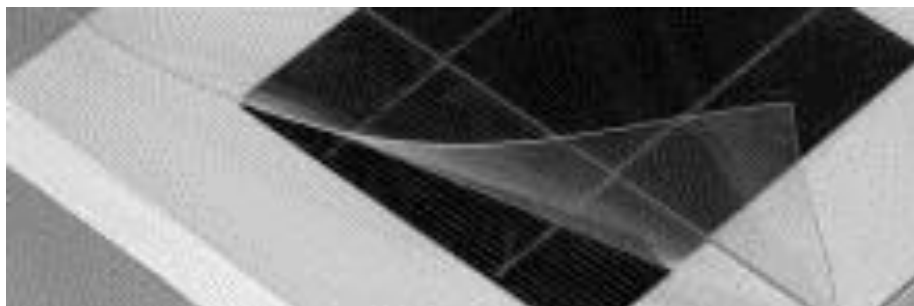


Figura N° 24: Encapsulante de un módulo fotovoltaico

Fuente: (HELIOSFERA, 2018)

Cubierta posterior: Se utilizan distintos materiales, aunque el más común es el fluoruro de polivinilo (PVF), conocido comercialmente como Tedlar. Otros materiales son el poliéster, EVA o incluso el vidrio en algunos módulos de silicio amorfo bifacial. su función es la protección frente a la humedad y

evitar en la medida de lo posible el sobrecalentamiento de las células, por ello habitualmente es de color blanco.

Caja de conexiones: Es una caja estanca (recomendable IP65) de material plástico resistente a la intemperie y a las altas temperaturas donde salen los terminales de las conexiones en serie de las células fotovoltaicas. En esta caja se encuentran los diodos de protección o bypass encargados de evitar los efectos negativos de bajo rendimiento provocados por los puntos calientes y sombreados.



Figura N° 25: Caja de conexiones de un módulo fotovoltaico

Fuente: (HELIOSFERA, 2018)

Del interior de esta caja salen los cables a través de los prensaestopas con una longitud suficiente para que se pueda conectar directamente con el módulo de al lado.

En la siguiente Figura N°26 se muestra un corte con los detalles de los principales componentes del módulo.

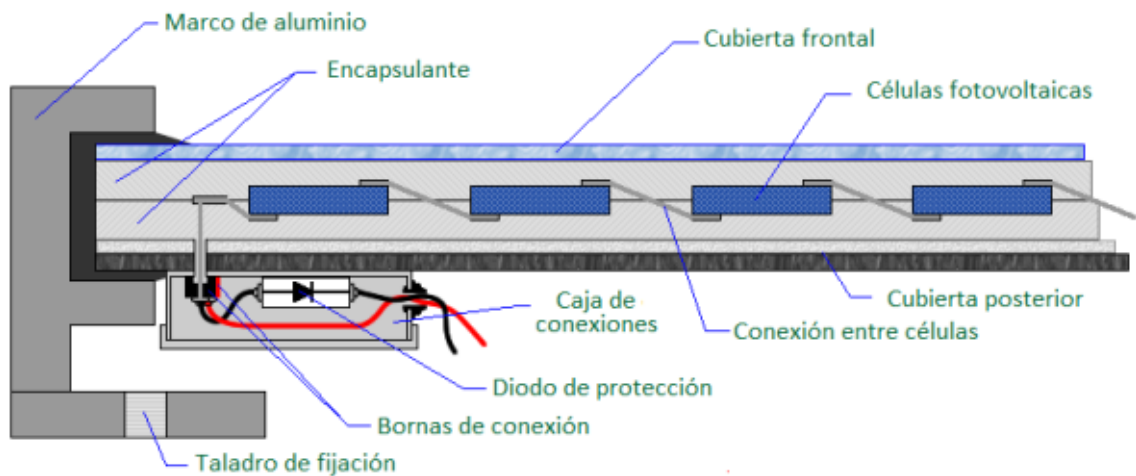


Figura N° 26: Detalle de los componentes de un módulo fotovoltaico

Fuente: (HELIOSFERA, 2018)

Conexión de los módulos fotovoltaicos

Según (Vargas Velasco, 2015), la conexión de los módulos fotovoltaicos conserva las reglas básicas de la electricidad; es decir, que los módulos pueden ser conectados en serie, paralelo o mixto, esto es para poder tener una combinación adecuada de corriente y voltaje necesarios para los valores requeridos en la aplicación.

Como medidas de seguridad debemos recordar que para realizar estas conexiones y obtener los valores correctos de corriente y voltaje, los módulos a conectar deberán de tener las mismas características eléctricas.

- Conexión en serie:

Básicamente en este tipo de conexión se debe de conectar una terminal positiva de un módulo con la terminal negativa del siguiente módulo, como la mostrada en la figura 27, y así sucesivamente hasta tener un arreglo en serie. Por lo tanto, el voltaje resultante será la suma del voltaje de todos los módulos y la corriente resultante será la misma en todos los módulos.

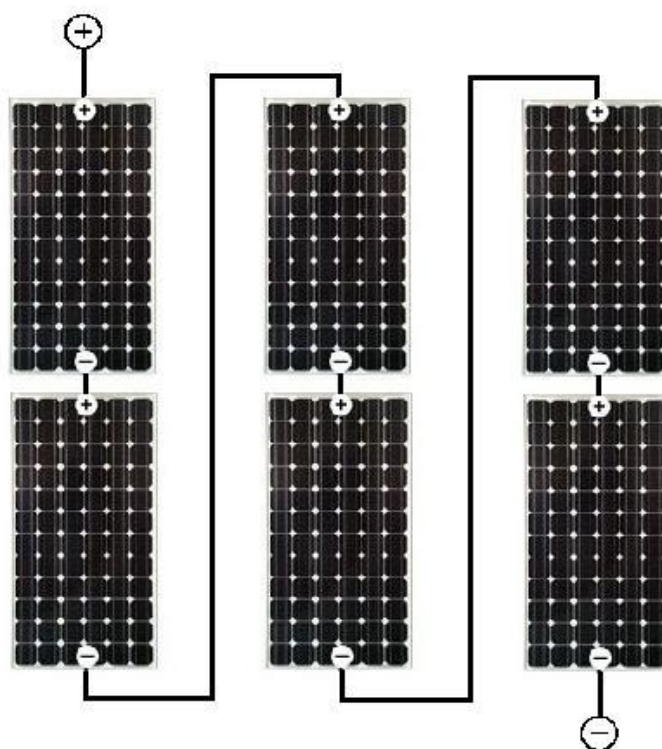


Figura N° 27: Conexión serie de los módulos

Fuente: (Vargas Velasco, 2015)

- Conexión en paralelo:

En esta conexión consiste en conectar todas las terminales positivas en un punto en común, y por otro lado las negativas de igual forma como se muestra en la figura 28. Estos dos puntos comunes forman una terminal positiva y una terminal negativa.

Por lo tanto, el voltaje obtenido será el mismo que proporcione un solo módulo, mientras que la corriente será la suma de las corrientes generadas por cada módulo. Se debe recordar que con el incremento de corriente se producen pérdidas por el efecto Joule, por lo que obligaría a utilizar conductores de mayor calibre.

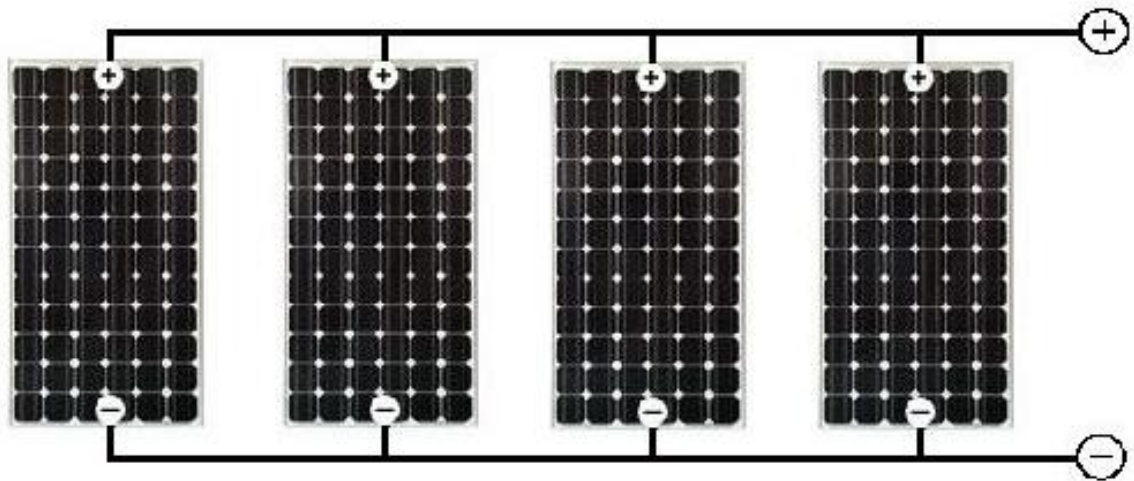


Figura N° 28:conexión en paralelo de módulos

Fuente: (Vargas Velasco, 2015)

- Conexión mixta:

Como se mencionó anteriormente, para poder obtener una combinación que satisfaga las necesidades de voltaje y corriente, a veces es necesario que los módulos fotovoltaicos estén combinados en agrupaciones de serie-paralelo.

En la figura 29, se muestra una conexión mixta.

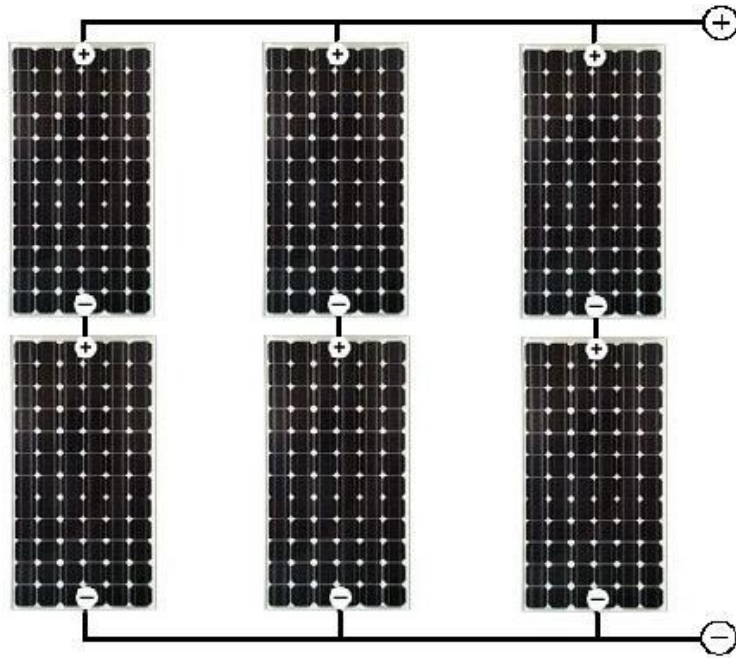


Figura N° 29: conexión mixta de módulos fotovoltaicos

Fuente: (Vargas Velasco, 2015)

Curvas características

Según (Cornejo Lalupu, 2013), una de las características fundamentales de los paneles fotovoltaicos es su curva de trabajo I-V, también conocida como característica I-V. Tanto los valores de tensión como de corriente dependen de la insolación, la temperatura de la célula, la masa de aire atravesada por la radiación solar y la resistencia de la carga conectada. Para comparar módulos, estos parámetros deberán ser homogéneos. En la figura 30 se muestran las curvas I-V de un panel fotovoltaico, para distintos valores de temperatura y distintos valores de intensidad de radiación.

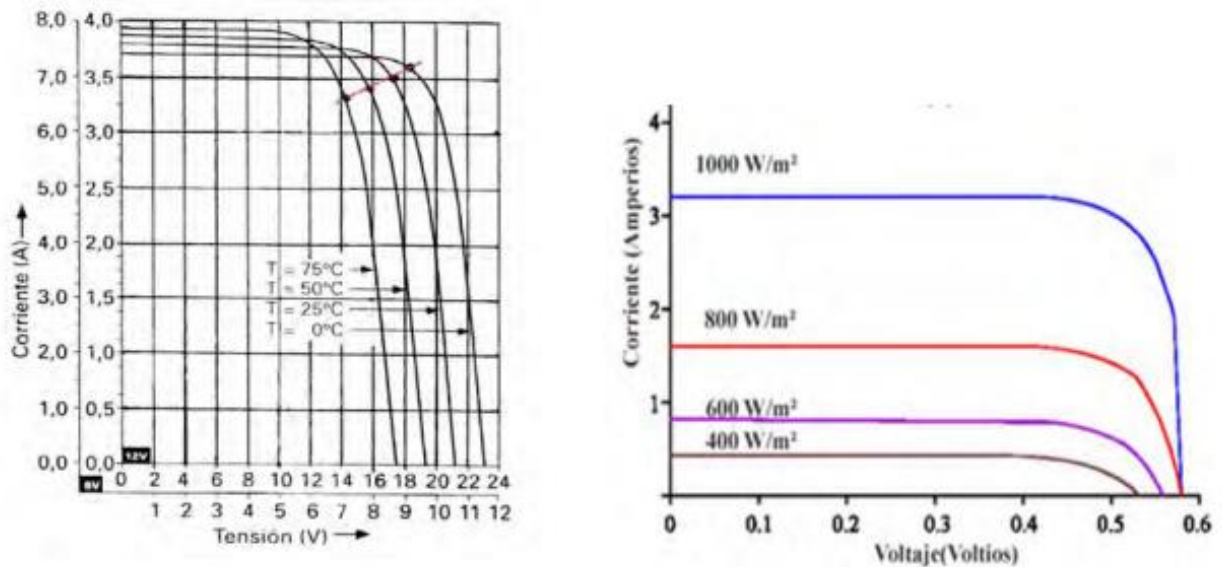


Figura N° 30: Curvas I-V características de un panel fotovoltaico

Fuente: (Cornejo Lalupu, 2013)

- **Tensión de circuito abierto (V_{oc}):** al dejar los terminales del panel en circuito abierto (intensidad cero), la tensión que proporciona la radiación será máxima.
- **Corriente de cortocircuito (I_{cc}):** al cortocircuitar los terminales del panel (tensión cero), la radiación solar proporcionara una corriente máxima. Dado que la potencia eléctrica viene definida como $P=V \cdot I$, podemos distinguir:
- **Potencia pico (P_p):** potencia máxima (en vatios, W) que genera un módulo en condiciones normales de radiación. Es el producto de la tensión pico por la corriente pico.
- **Intensidad pico (I_p) y Tensión pico (V_p)** son los valores de intensidad y tensión que hacen máxima la potencia en condiciones normales. Como se muestra en la figura 31, todos los parámetros de la curva I-V dan lugar a la formación del Punto de Máxima Potencia (PMP) o, Maximum Power Point (MPP).

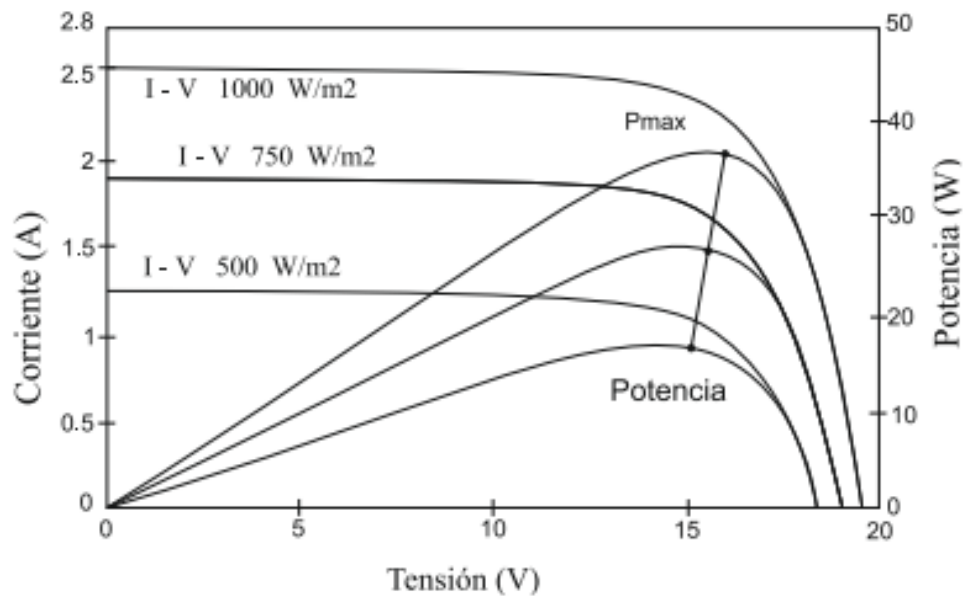


Figura N° 31: MPPs en distintas curvas características I-V de módulos fotovoltaicos

Fuente: (Cornejo Lalupu, 2013)

La importancia de este parámetro eléctrico no reside en su valor numérico, sino en qué condiciones físicas y eléctricas deben cumplirse en todo momento para obtenerlo. Esto introduce el concepto de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (SPMP) o Maximum Power Point Tracking (MPPT). El seguimiento del punto de máxima potencia se realiza en dos bloques funcionales. En el bloque de generación, se realiza un seguimiento mecánico del sol, para obtener la máxima irradiancia al colocar los paneles fotovoltaicos perpendicularmente al sol. En el bloque de conversión, se realiza un MPPT electrónico llevado a cabo por los inversores, que permite entregar la máxima potencia bajo cualquier condición de carga, en todo momento. Todos estos parámetros fundamentales son proporcionados por los fabricantes en las hojas de características de los paneles fotovoltaicos. Debe tenerse en cuenta que estos parámetros no son constantes ya que los fabricantes toman como referencia unas condiciones de

funcionamiento estándar conocidas como Condiciones Estándar de Medida (CEM) que son unas condiciones de irradiancia y temperatura determinadas en la célula solar, estas condiciones son:

- Irradiancia: $1\,000\text{ W/m}^2$
- A nivel del mar
- Temperatura de célula: 25°C .

Así pues, si las condiciones a las que se ve sometido el panel son diferentes a las de estándar de medida, las características de los paneles fotovoltaicos cambiarán. La medida en que cambian los parámetros fundamentales de los paneles es de vital importancia para el diseño de la instalación ya que es muy posible que en condiciones normales de funcionamiento estemos lejos de las condiciones estándar de medida y la instalación puede verse afectada. Para ello es necesario conocer dos parámetros importantes de los paneles:

- Coeficiente de temperatura VOC: es el coeficiente de corrección para la tensión máxima que se produce a circuito abierto cuando no existe ninguna carga conectada, este coeficiente muestra como varía la tensión con una variación de temperatura. La tensión de circuito abierto aumenta cuando la temperatura disminuye y disminuye cuando la temperatura aumenta.

- Coeficiente de temperatura ISC: es el coeficiente de corrección para la corriente máxima que se produce en el panel cuando no hay conectada ninguna carga y cortocircuitamos los bornes del panel, este coeficiente muestra como varia la intensidad con una variación de la temperatura. La intensidad de cortocircuito aumenta cuando aumenta la temperatura y disminuye cuando disminuye la temperatura.

Con estos coeficientes de temperatura, puede representarse el comportamiento de los paneles ante variaciones de temperatura observando cómo cambian la tensión y corriente de máxima potencia, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En la figura 32, se muestra como varía la curva “voltaje-corriente” para distintos valores de irradiancia y para distintos valores de temperatura.

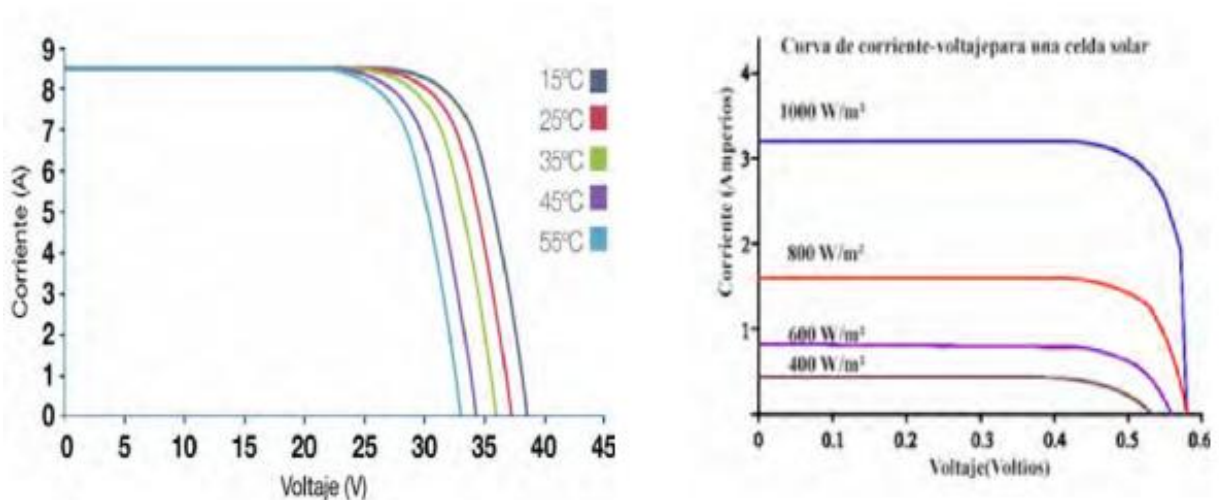


Figura N° 32: Curvas I-V para diferentes irradiancias a 25 °C y para diferentes temperaturas a una irradiancia de 1000 W/m²

Fuente: (Cornejo Lalupu, 2013)

Baterías

El banco de baterías consta de un arreglo de las mismas conectadas en serie o en paralelo para conseguir una tensión y una corriente deseada respectivamente, para poder suplir la carga según sus características. (Sarria, 2012)

Una batería se compone de celdas, las cuales tienen dos placas, una positiva y una negativa, sumergidas en electrolito. El electrolito es una solución de agua con ácido sulfúrico. La construcción más frecuente de los electrodos es

la placa plana. Cada placa positiva tiene un marco de plomo que contiene peróxido de plomo (PbO_2). La placa negativa contiene plomo metálico (Pb) esponjoso (Ver Figura N° 33).

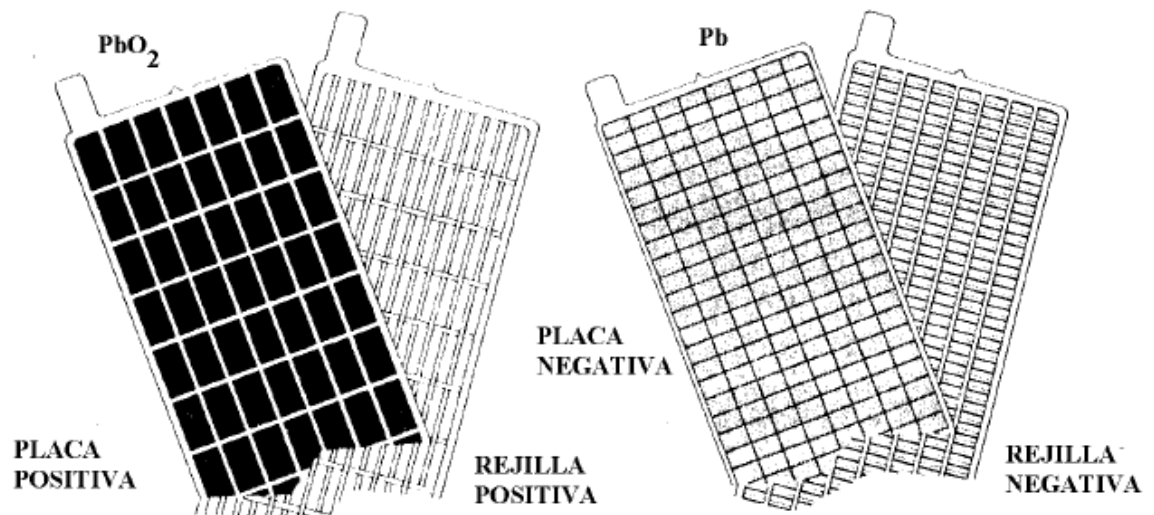


Figura N° 33: Placa positiva y negativa de una batería

Fuente: (Sarria, 2012)

Con el fin de suministrar corrientes elevadas, cada celda consiste de numerosas placas positivas conectadas en paralelo al igual que placas negativas conectadas en paralelo. Las placas en cada celda están sumergidas en electrolito y un volumen igual de agua es la gravedad específica (SG). (Sarria, 2012)

Las razones por la que hay necesidad de utilizar un banco de baterías en un sistema fotovoltaico son:

Demanda de potencia en periodos sin sol.

Existen cargas que requieren altas corrientes de arranque (motores, compresores, etc.).

Demanda a voltaje constante.

Capacidad de almacenar energía generada en exceso a la demanda, reduciendo las pérdidas de energía.

Según (Sarria, 2012), para utilizar una batería o un banco de baterías es necesario conocer:

Capacidad: es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperes-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga. Por ejemplo, una batería de 100Ah es capaz de suministrar 1A durante 100 horas.

Eficiencia de carga: es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la energía realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser remplazada para la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.

Autodescarga: es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse. La rapidez de la descarga depende de la temperatura ambiente y el tipo de batería.

Profundidad de descarga: es el valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, se tiene una batería de 100Ah y es sometida a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

Las baterías solares permiten una profundidad de descarga máxima de 80%, cientos de veces, a niveles de corriente moderados y por ello estas baterías se le denominan baterías de ciclo profundo. Estas baterías dedicadas al uso de

sistemas solares tienen electrodos cuya fabricación consta de una aleación de antimonio lo que permite adherir una gran cantidad de material activo. Las celdas con mayor cantidad de material activo tienen una más larga duración y profundidad de descarga, pero aumenta el coste y el peso de la batería.

Máximo número de ciclos: se considera que una batería de ciclo profundo ha completado todos los ciclos de carga y descarga cuando, al ser cargada nuevamente, la máxima energía que puede almacenar se reduce al 80% de su valor inicial. El número de ciclos de carga/descarga depende de la profundidad de descarga. Cuando ésta disminuye, el número de ciclos aumenta. Para una dada profundidad de descarga, la batería más robusta proporciona el mayor número de ciclos. (Sarria, 2012)

2.2.11.5. Inversor

Según (Cornejo Lalupu, 2013), en las instalaciones fotovoltaicas son los paneles fotovoltaicos los encargados de generar potencia a partir de la radiación solar captada. La potencia eléctrica generada es potencia continua, con unos valores de tensión y corrientes dependientes de la disposición de los paneles. El inversor fotovoltaico es el equipo electrónico que permite suministrar la potencia generada a la red comercial. Su función principal es convertir la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, con unas características establecidas por la red: 220V de valor eficaz de tensión y una frecuencia de 60 Hz. Las partes fundamentales en un inversor son:

- Control principal. Incluye todos los elementos de control general, los sistemas de generación de onda basados en sistemas de modulación de anchura de pulsos (PWM) y parte del sistema de protecciones.

- Etapa de potencia. Esta etapa puede ser única o modular en función de la potencia deseada. Se opta por la tecnología en baja frecuencia ya que ofrece buenos resultados con una alta fiabilidad y bajo coste. Además, debe incorporar un filtro de salida (LC), para filtrar la onda y evitar el rizado en la tensión procedente de los módulos.

- Control de red. Es la interface entre la red y el control principal. Proporciona el correcto funcionamiento del sistema al sincronizar la forma de onda generada a la de la red eléctrica, ajustando tensión, fase, sincronismo, etc.

- Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT). Es uno de los factores más importantes en un inversor. Su función es acoplar la entrada del inversor a los valores de potencia variables que produce el generador, obteniendo en todo momento la mayor cantidad de energía disponible, la máxima potencia.

- Protecciones. De manera general, los inversores deben estar protegidos ante tensión de red fuera de márgenes, frecuencia de red fuera de márgenes, temperatura de trabajo elevada, tensión baja del generador, intensidad del generador fotovoltaico insuficiente, fallo de la red eléctrica y transformador de aislamiento, además de las protecciones pertinentes contra daños a personas y compatibilidad electromagnética.

- Monitorización de datos. Los inversores dispondrán de microprocesadores que les facilite una gran cantidad de datos tanto de los parámetros habituales (tensión, corriente, frecuencia, etc.) como de parámetros externos (radiación, temperatura ambiente, etc.) e internos (p.e. temperaturas de trabajo). Debido al elevado coste de las instalaciones solares fotovoltaicas, durante la explotación los inversores deben ofrecer un alto rendimiento y fiabilidad. Dicho rendimiento

depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que debe procurarse trabajar con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que, si la potencia procedente de los paneles fotovoltaicos a la entrada del inversor varía, el rendimiento disminuye. Los principales parámetros habituales a tener en cuenta en un inversor son:

- Tensión nominal (V). Tensión que debe aplicarse en bornes de entrada del inversor.
- Potencia nominal (VA). Potencia que suministra el inversor de forma continuada.
- Potencia activa (W). Potencia real que suministra el inversor teniendo en cuenta el desfase entre tensión y corriente.
- Capacidad de sobrecarga. Capacidad del inversor para suministrar una potencia superior a la nominal y tiempo que puede mantener esa situación.
- Factor de potencia. Cociente entre potencia activa y potencia aparente a la salida del inversor. En el caso ideal, donde no se producen pérdidas por corriente reactiva, su valor máximo es 1, es decir, estas condiciones son inmejorables para el suministro de corriente del inversor.
- Eficiencia o rendimiento. Relación entre las potencias de salida y entrada del inversor.
- Autoconsumo. Es la potencia, en tanto por ciento, consumida por el inversor comparada con la potencia nominal de salida.

- Armónicos. Un armónico ideal es una frecuencia de onda múltiplo de la frecuencia fundamental. Tener en cuenta que, sólo a frecuencia fundamental, se produce potencia activa.
- Distorsión armónica. La distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distortion) es el parámetro que indica el porcentaje de contenido armónico de la onda de tensión de salida del inversor.
- Rizado de corriente. Pequeña variación que se produce sobre el valor de la onda de corriente alterna al rectificarse o invertir una señal de CC a CA. A continuación, se analizarán cuáles son los parámetros que caracterizan a un inversor fotovoltaico para una instalación fotovoltaica conectada a red.

Analizador de red antivertido (No inyección): Este accesorio es imprescindible porque es el que va a impedir que se inyecte potencia a la red pública, mediante la configuración del inversor fotovoltaico en “modo autoconsumo”, directamente desde el display de usuario. Bajo esta configuración, el inversor analiza el flujo de potencia en el punto de acometida de la instalación, de manera que: El inversor produce sólo la energía que demandan las cargas, evitando así la inyección de excedentes a la red pública. Para garantizar la “no inyección”, se asegura una corriente mínima desde la red hacia las cargas. Si la producción fotovoltaica es insuficiente, la red aportará la energía necesaria para satisfacer la demanda.

2.2.11.6. Posibles defectos de un sistema fotovoltaico

Según (Cornejo Lalupu, 2013):

Contactos directos e indirectos Un contacto directo se produce cuando una persona entra en contacto con partes activas de una instalación; un contacto indirecto es el que se produce al producirse fallos de aislamiento en un circuito eléctrico, provocando que partes que normalmente no están en tensión, queden bajo tensión.

Sobretensiones Son tensiones que superan con creces la tensión nominal, normalmente provocadas por agentes externos a la instalación tales como descargas eléctricas por rayos o la propia red eléctrica, aunque también pueden ser de origen interno. Es obligatorio un diseño de la instalación que las contemple para evitar daños en la misma, ya que dejarían a las estaciones aisladas o conectadas a red fuera de servicio con la consiguiente pérdida económica y de servicio. Como medida principal para contrarrestar las sobretensiones atmosféricas se emplean varistores instalados en el inversor, tanto en la parte de alterna como en continua, ya que éste es un elemento crítico en la instalación y muy sensible a las sobretensiones. Sobre intensidades Toda instalación deberá estar protegida contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que pueden originar las corrientes de cortocircuito o las de sobrecarga, cuando éstas puedan producir averías o daños en la misma.

Las sobre intensidades deberán ser eliminadas por un dispositivo de protección que no produzca proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas. Se utilizarán interruptores automáticos y fusibles con características de funcionamiento

correspondientes a las exigencias de la instalación que protegen. Además, entre los diferentes dispositivos de protección contra sobre intensidades pertenecientes a la misma instalación se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada sea la menor posible.

Cortocircuitos Producen altas corrientes que causan el calentamiento excesivo de los conductores, dilatándolos, lo cual provoca el acercamiento con tierra u otras fases. Pueden originarse por:

- Fallas entre fases: cortocircuitos producidos por aves, mala operación, arcos ocasionados por ionización del aire, etc.
- Fallas a tierra: ocasionadas por animales, mala operación, arcos, deterioro de aisladores, alta vegetación, desprendimiento de un conductor a tierra o sobre la estructura, etc.

2.2.11.7. Protecciones

Una cuestión importante y crucial, tanto el diseño de sistemas fotovoltaicos como en cualquier otra instalación eléctrica son los dispositivos de protección y seguridad que se va a instalar, ya que estos brindaran protección no solo a los equipos instalados sino a las personas encargadas del mantenimiento y operación de este. Para el cálculo se debe de tener en cuenta los tramos de corriente continua y de corriente alterna, ya que las protecciones deben ser distintas debido a la naturaleza de cada tramo y valor de corriente admisible en los conductores. (Mesones Abanto, 2019)

Las fallas más usuales en instalaciones son los cortocircuitos, que conlleva al paso de corrientes más elevadas a las normales, pero también se pueden

producir fallas por valores elevados de tensión o frecuencia, sobrecalentamiento o inversión del flujo de potencia (Cornejo 2013).

El empleo de dispositivos de protección es de suma importancia ya que evita daños en personas y ayuda a los equipos del sistema para que tengan un mayor tiempo de vida útil. (Mesones Abanto, 2019)

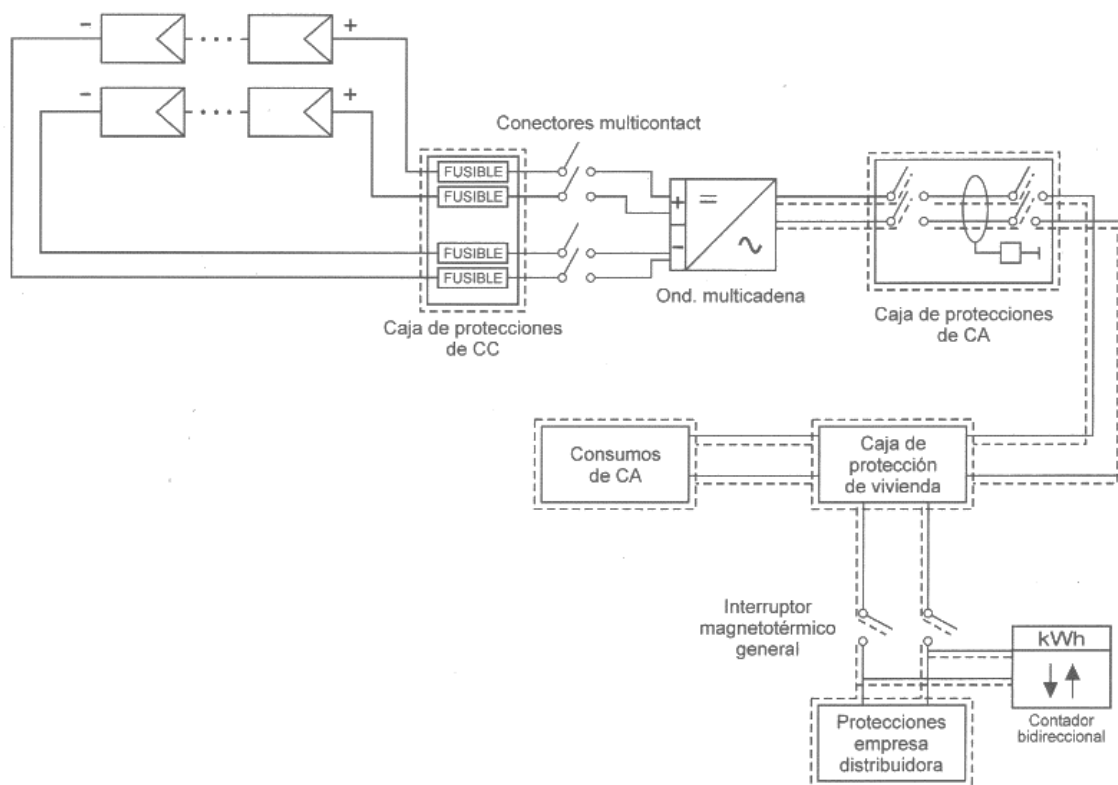


Figura N° 34: Instalación de autoconsumo domestica sin acumulación

Fuente: (Mesones Abanto, 2019), cita como fuente a CENSOLAR

2.2.11.8. Puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra es importante no solo en una instalación fotovoltaica sino en todas las instalaciones eléctricas, ya que protege a equipos de tensiones transitorias y a las personas de contactos indirectos. (Mesones Abanto, 2019)

Los contactos indirectos se producen cuando las personas entran en contacto con una masa metálica, la cual esta puesta a tensión debido a un fallo de aislamiento. (Mesones Abanto, 2019)

Para el cálculo y diseño del sistema de puesta a tierra se hará uso de la Norma Técnica Peruana NTP 370.053: “Seguridad Eléctrica – Elección de Materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra. Conductores de Protección” y el Código nacional de Electricidad (CNE).

La instalación de la puesta a tierra debe estar en óptimas condiciones para un correcto funcionamiento del sistema de protección, cumpliendo con lo estipulado en el CNE-Sección 60-Electrodos de puesta a tierra, el cual hace referencia a lo siguiente:

El valor de la resistencia a tierra debe ser tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a las permitidas y no debe ser mayor a 25 Ω . (Mesones Abanto, 2019)

2.2.11.9. Montaje de paneles solares

Según (Valdiviezo Salas, 2014), el tipo de estructura depende de las condiciones climatológicas, la aplicación y los requerimientos específicos de cada proyecto. Para nuestro caso, analizaremos si se debe utilizar seguidores solares o un sistema fijo.

Sistema Fijo

Este sistema está fijo y para ello se debe realizar un estudio de determinación de la inclinación adecuada. El mantenimiento es mínimo, es la estructura que genera menor eficiencia, pero es la más económica.

El sistema fijo tiene mayor duración y casi no requiere mantenimiento. Debido a que no puede variar la inclinación, se debe considerar la lluvia y efecto de sombras en la elección de la inclinación.



Figura N° 35: Estructura Fija

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

Seguidores Solares

Especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos. Además, se necesitan realizar un mantenimiento a estos equipos mecánicos. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementar las potencias generadas. Existen diversos tipos de seguidores solares en la actualidad.

1. Seguidores de un solo eje: Horizontal, vertical, polar.
2. Seguidores doble eje



Figura N° 36: Instalación de Seguidor Solar

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

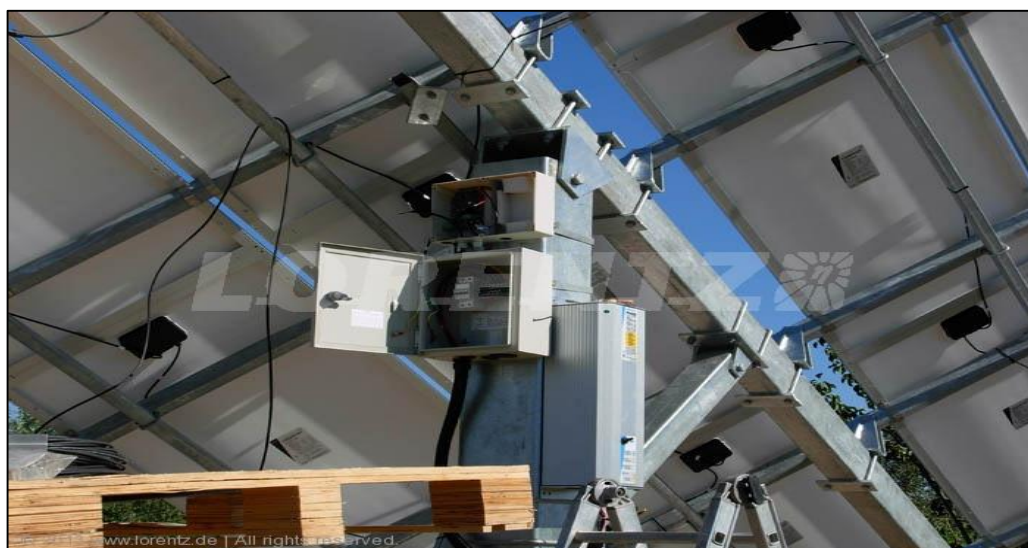


Figura N° 37: Detalle de componentes adicionales para Seguidor Solar

Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

2.2.12. Evaluación económica de proyectos de inversión

Los sistemas fotovoltaicos tienen actualmente múltiples aplicaciones (en el sector doméstico, industrial y agropecuarias, pero es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin.

2.2.12.1. Indicadores

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc. (Llauce Chozo, A. J. 2016). “Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura.”

Valor Actual Neto (VAN)

Según (Economipedia, 2019), el Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc.).

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \dots (Ec. 4)$$

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

k : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuales y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

$VAN > 0$: el valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

$VAN = 0$: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Según (Economipedia, 2019), la Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} \dots (Ec. 5)$$

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

Horas Solares Pico (HSP): Es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m^2 .

Irradiancia: Es la magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra, mide la energía radiante por unidad de tiempo, es decir potencia, que incide sobre una superficie dada y se mide en W/m^2 .

Radiación o irradiación: Es la energía incidente, en un periodo de tiempo determinado sobre una superficie dada. Se obtiene como la integración de la

Irradiancia en ese periodo y se mide en Wh/m^2 . En algunos textos se refieren al término Irradiación como Insolación.

Energía fotovoltaica: La conversión directa de la energía solar en energía eléctrica se debe al fenómeno físico de la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores, fenómeno conocido como efecto fotovoltaico, este fenómeno tiene lugar en la célula solar.

Célula fotovoltaica: La conversión de la radiación solar en una corriente eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica.

Módulo o panel fotovoltaico: Un panel fotovoltaico es un conjunto interconectado de células solares y es el componente básico de un sistema fotovoltaico. De acuerdo con la tecnología utilizada en las células solares, los paneles fotovoltaicos están clasificados como monocristalinos, policristalinos y paneles solares amorfos, y estos últimos también se conocen como paneles de película delgada (Thin film) o capa fina.

Potencia Pico (Wp): potencia eléctrica suministrada por el módulo en condiciones estándar STC.

Standard Test Condition (STC): Condiciones estándar de medida para el análisis del comportamiento de los paneles solares a una radiación de 1.000 W/m^2 (incidencia normal), distribución espectral AM 1.5 y temperatura de la célula a 25°C .

Corriente nominal (A): corriente suministrada por el módulo en el punto de trabajo.

Tensión nominal (V): tensión de trabajo del módulo.

Eficiencia del panel: Es la relación entre la potencia eléctrica entregada por el panel solar y la potencia de la radiación que incide sobre él. La eficiencia de un panel.

Nominal Operation Cell Temperature (NOCT): Temperatura de operación nominal de las células: radiación de 800 W/m^2 (incidencia normal), distribución espectral AM 1.5, temperatura ambiente de 20°C y velocidad del viento de 1 m/s .

Generador fotovoltaico: Está formado por el conjunto de los módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, con la combinación adecuada para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El elemento base es el módulo fotovoltaico.

Sistema fotovoltaico: Es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que captan y transforman la energía solar disponible, en energía eléctrica utilizable.

Performance Ratio: La eficiencia relativa del sistema es una medida que considera las pérdidas del sistema contabilizadas en comparación con la energía nominal del sistema. La energía nominal es calculada a partir de la irradiación de la superficie inclinada del módulo FV multiplicada por la eficiencia bajo condiciones estándares de medida.

Productividad Anual: es un valor de evaluación que da el rendimiento anual normalizado en función de la potencia instalada. En otras palabras, la productividad anual corresponde a las horas de funcionamiento del sistema a potencia nominal.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación Aplicada: Según (Lifeder, 2019), en este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado. Se va a utilizar la teoría de sistemas fotovoltaicos conectados a red para aplicarlos a la municipalidad de Picsi en el departamento de Lambayeque.

El diseño de la investigación es no experimental: (Diseño de investigación no experimental, 2017), la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Estudiaremos a la población (municipalidad de Picsi) sin alterar las variables de investigación.

3.2. Población y muestra

La presente tesis ha sido aplicada a la Municipalidad de Picsi, ubicado en el departamento de Lambayeque.

3.3. Hipótesis

Si se aprovecha la energía solar fotovoltaica entonces con el dimensionamiento de un sistema microgeneración suministraremos energía eléctrica de autoconsumo para la municipalidad de Picsi.

3.4. Operacionalización de variables

X: Variable independiente:
Energía solar fotovoltaica

Y: Variable dependiente:
Energía eléctrica.

Tabla N° 2: Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Variable independiente Energía solar fotovoltaica	La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que se obtiene directamente de la radiación solar mediante un panel solar que a su vez la transforma en energía eléctrica (Enel, 2019).	Dimensionamiento de un sistema de microgeneración eléctrica conectado a red.	Irradiación solar (kW.h/m ² /día) Dimensionamiento y selección de paneles fotovoltaico (kWp). Selección de Inversor (W), baterías (Ah).
Variable dependiente Energía eléctrica	La energía eléctrica es aquella que se produce mediante el movimiento y cargas eléctricas (electrones) en el interior de los materiales que son conductores (por ejemplo, cables de cobre o metálicos). (Energías AE, 2019)	Suministro de energía eléctrica a la municipalidad de Picsi	Energía promedio diaria. (W.h) Máxima demanda (W).

Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron fueron las siguientes:

a) La Entrevista: es una técnica de recopilación de información mediante una conversación profesional, con la que además de adquirirse información acerca de lo que se investiga (Energías AE, 2019). Entrevistaremos a los encargados del área técnica para conocer las cargas, su potencia, horas de utilización.

Con el permiso del señor Alcalde de la municipalidad de Picsi Dr. Carlos Alberto Sánchez Medina (ANEXO 0.7). Se entrevistó al Ing. Miguel Chapoñan Vásquez - Jefe de Sub. Gerencia de Desarrollo Económico y Servicios Comunes quien me llevo a conocer los distintos ambientes de la municipalidad y me brindo información de importancia para el desarrollo de la presente tesis.

b) Análisis de contenido

Se obtuvo información de diferentes fuentes: textos, tesis, revistas, software, páginas web, el cual sirvió de base para elaborar el marco teórico.

c) La observación: es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Por medio de la observación ubicaremos el mejor lugar para el generador fotovoltaico, módulos fotovoltaicos, etc.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Los instrumentos utilizados en esta tesis son los siguientes:

En la técnica del análisis documental: Se han revisado deferentes tesis, libros, revistas, normas técnicas peruanas e internacionales relacionadas con los sistemas eólicos fotovoltaicos los cuales servirán de base para el marco teórico.

En la observación: utilizaremos un cuaderno y lapicero además de una cámara fotográfica para evidenciar la presencia del investigador en la zona de investigación.

En la técnica de la entrevista: Se utilizó un cuaderno de apuntes y lapicero para recopilar datos relevantes para el dimensionamiento del sistema conectado a red.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

Se iniciará con el análisis de los recibos de facturación de energía eléctrica de la Municipalidad de Picsi para los consumos de doce meses del año 2018. Con esta información obtendremos el comportamiento de los consumos de energía durante todo el año 2018. Luego se elabora un diagrama de carga diario con la finalidad de saber cuánta cantidad de energía diaria puede ser cubierto por el sistema fotovoltaico. Se determina la marca y modelo de módulos FV e inversor que se utilizarán; se procede a realizar los cálculos para determinar el número de módulos FV y de inversores a utilizar, el calibre del cableado. Para los cálculos utilizaremos hojas en Excel y se elaboraran planos en AutoCAD.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

En esta tesis se propone un sistema de microgeneración distribuida con sistema fotovoltaica para autoconsumo con inyección cero a la red de la concesionaria. También son llamados sistemas fotovoltaicos semi aislados o sistemas asistidos, debido a que es idéntico a un sistema fotovoltaico aislado, pero con la diferencia que este posee una fuente auxiliar de energía eléctrica, siendo en este caso la propia red convencional. (Mesones Abanto, 2019)

Los componentes de los que estará compuesto este sistema son los siguientes:

a) Generador Fotovoltaico: Se propone trabajar con paneles fotovoltaicos de la marca reconocida y potencia comercial por ejemplo JINKO, el número de estos paneles se calculará teniendo en cuenta que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

c) El convertidor o inversor: Se propone trabajar con inversores de la marca Fronius, el número de inversores se calculará en base a la potencia de la carga y la potencia de generador fotovoltaico. mediante la configuración del inversor fotovoltaico en “modo autoconsumo”, directamente desde el display de usuario se logra la inyección cero a la red.

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Datos del consumo histórico de energía eléctrica en la municipalidad de Pícsi.

La Siguiende Tabla muestra los datos obtenidos de los recibos de la municipalidad de Pícsi (ANEXO 01).

Tabla N° 3: Registro de consumo de energía eléctrica

Periodo	Consumo (kWh)	Monto Facturado (S/.)	Precio s./ kWh
feb-19	533	549,20	0,5932
mar-19	816	627,80	0,5953
abr-19	617	481,40	0,5948
may-19	551	449,10	0,6048
jun-19	546	435,20	0,6067
jul-19	567	450,60	0,6079
ago-19	500	381,30	0,5990
sep-19	500	378,10	0,5962
oct-19	503	402,40	0,6076
Promedio	570,3	461,68	0,6006

Fuente: Elaboración propia

Para obtener el diagrama de carga diario se utilizó el analizador de redes de la marca FLUKE, el cual se instaló el día 07 de octubre tal como se muestra en la figura N° 38, hasta el día 17 del mismo mes del año 2019, los resultados obtenidos se muestran en el ANEXO 02. Los diagramas de carga para los días útiles se muestran desde la figura N° 40 hasta la figura N° 45.



Figura N° 38: Analizador de redes FLUKE

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 39: Instalación del analizador de redes

Fuente: Elaboración propia.

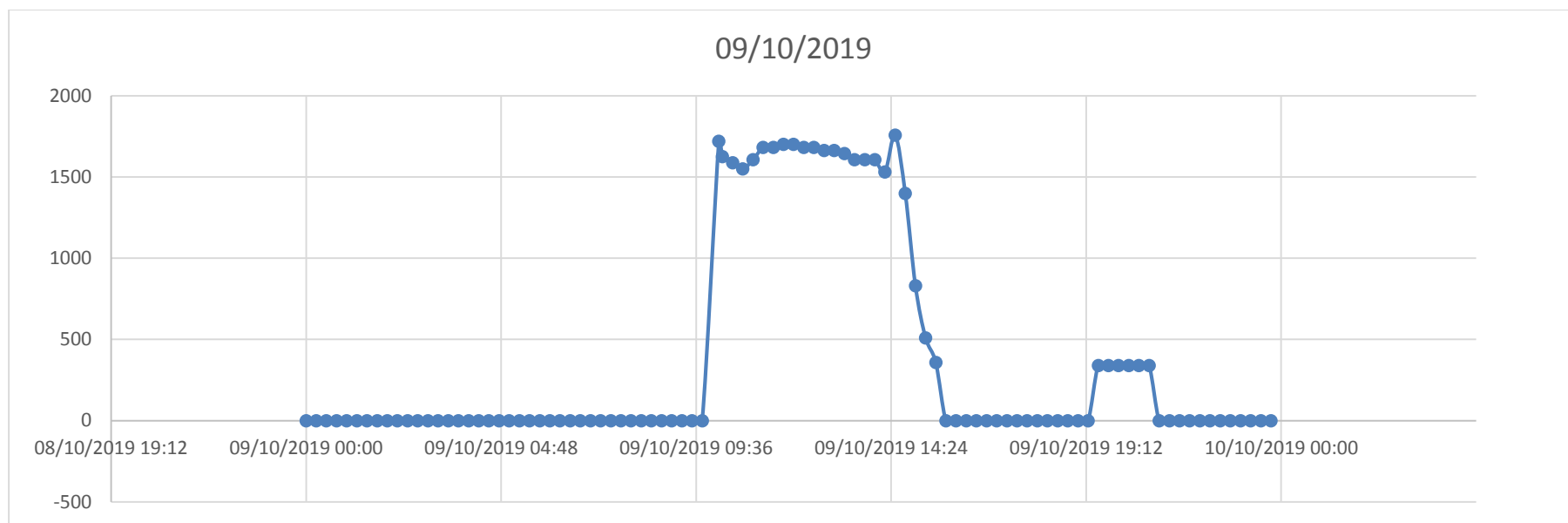


Figura N° 40: Diagrama de carga del día 09 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

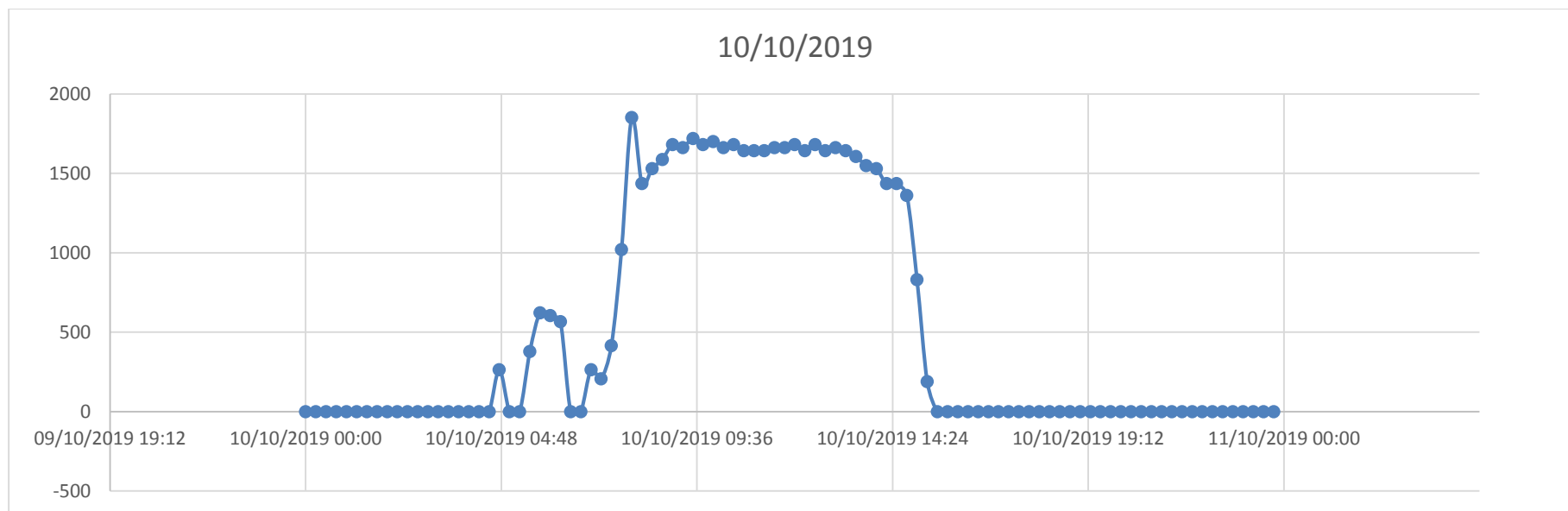


Figura N° 41: Diagrama de carga del día 10 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

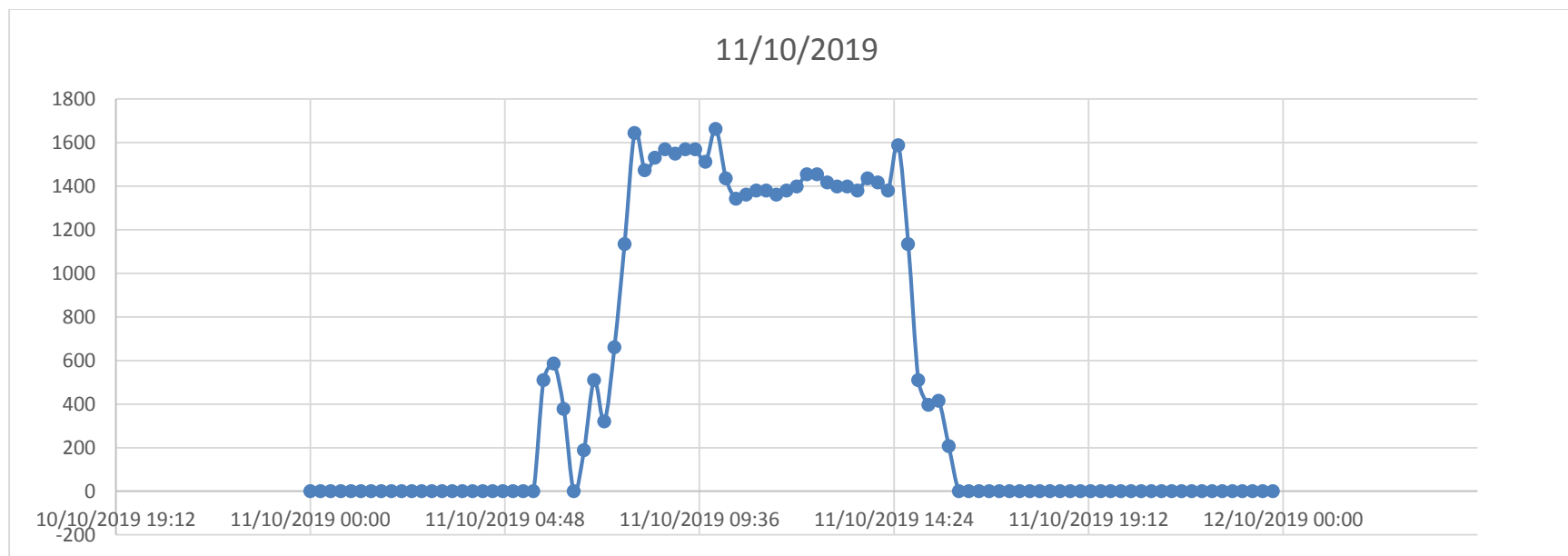


Figura N° 42: Diagrama de carga del día 11 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

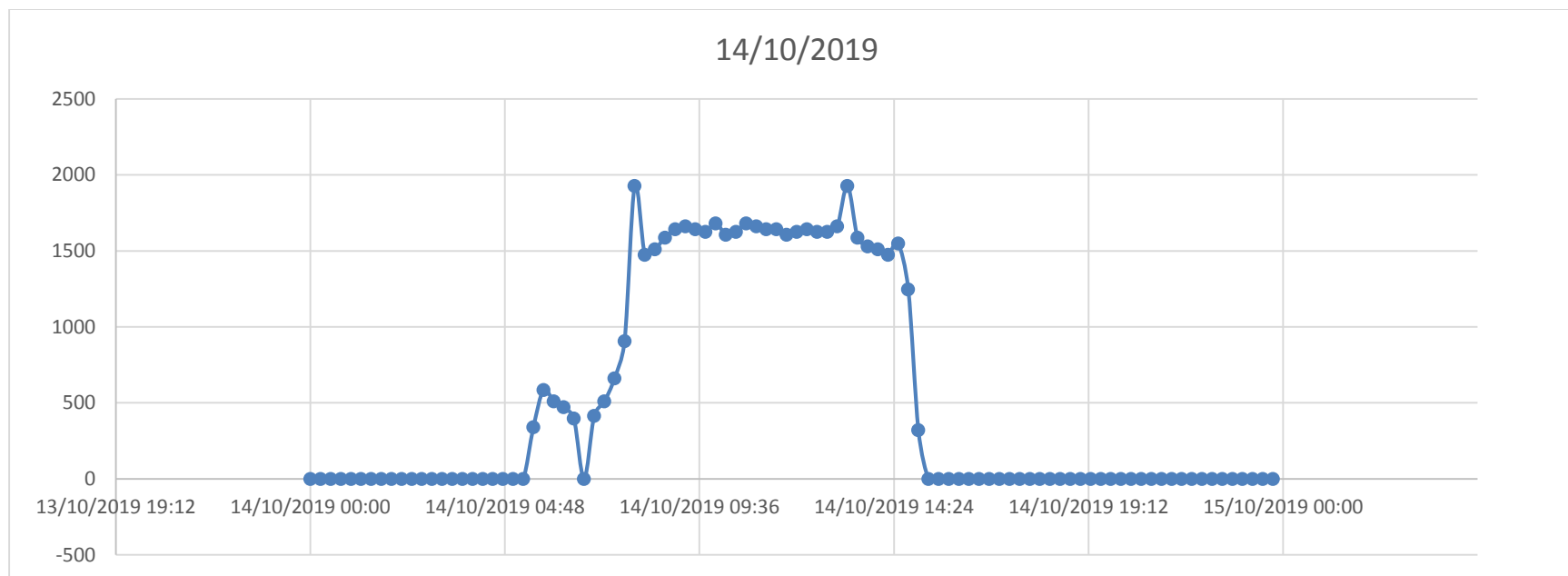


Figura N° 43: Diagrama de carga del día 14 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

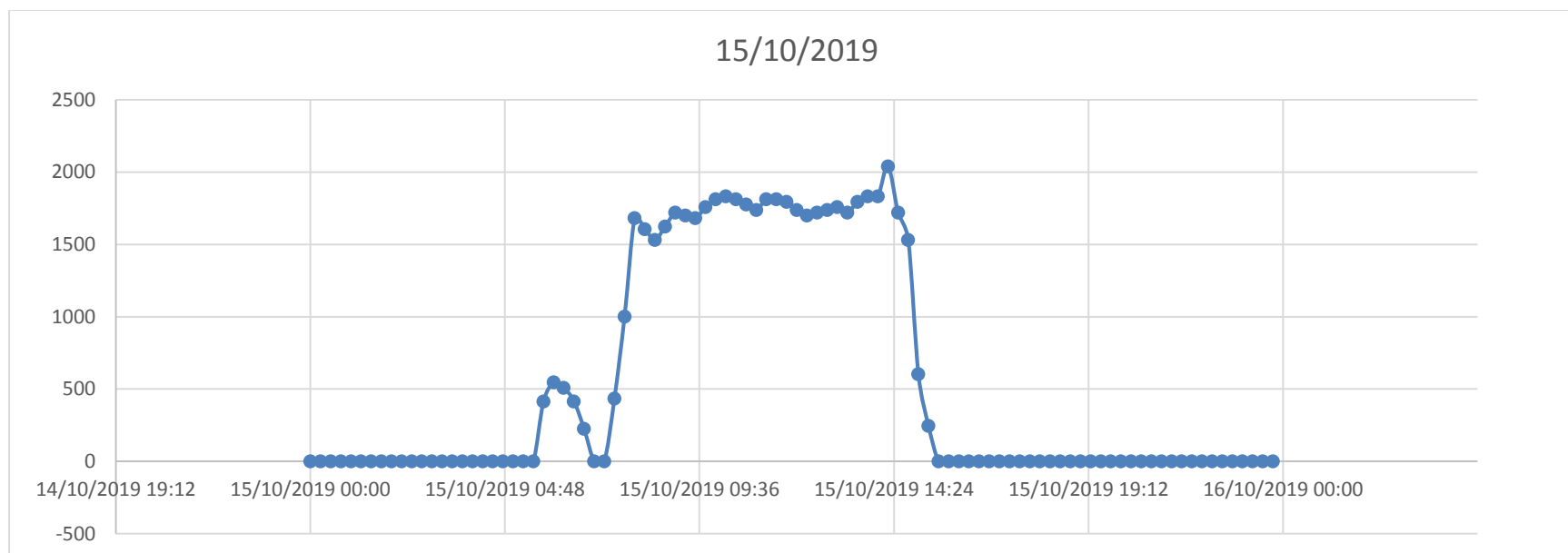


Figura N° 44: Diagrama de carga del día 15 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

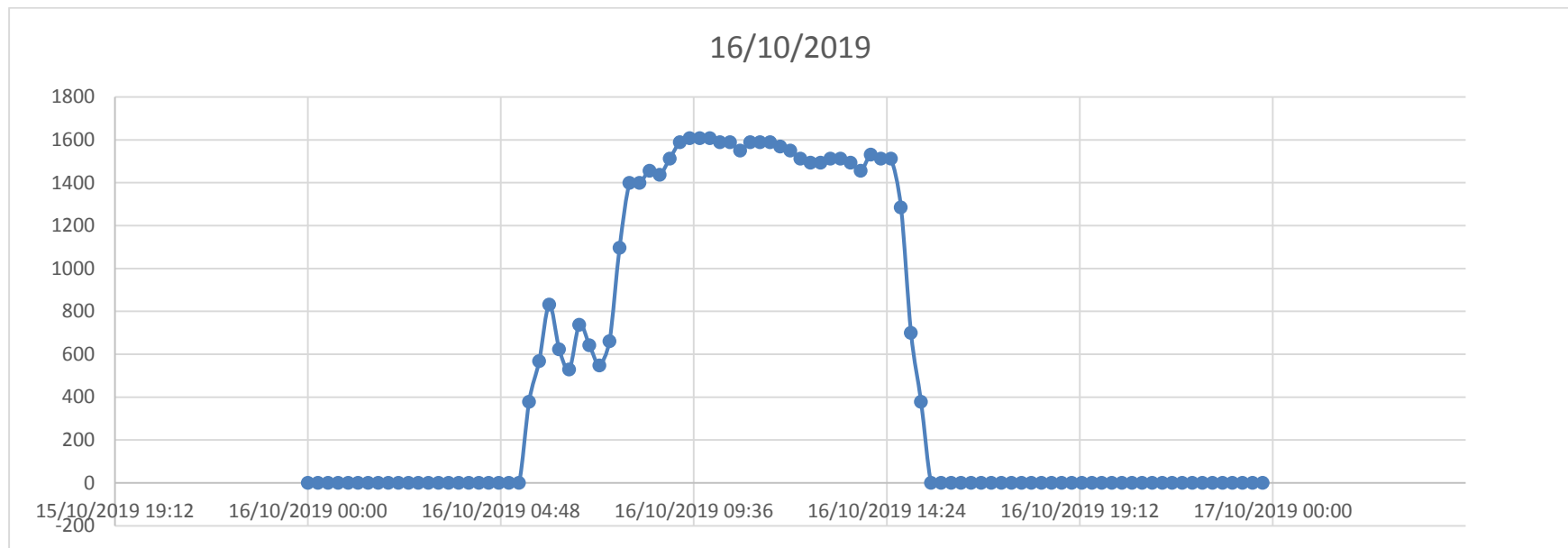


Figura N° 45: Diagrama de carga del día 16 de octubre del 2019

Fuente: Analizador de redes

Tabla N° 4: Consumo horario de energía eléctrica¹

Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)
15/10/2019 0:00	0,0	15/10/2019 0:15	0,0	15/10/2019 0:30	0,0
15/10/2019 0:45	0,0	15/10/2019 1:00	0,0	15/10/2019 1:15	0,0
15/10/2019 1:30	0,0	15/10/2019 1:45	0,0	15/10/2019 2:00	0,0
15/10/2019 2:15	0,0	15/10/2019 2:30	0,0	15/10/2019 2:45	0,0
15/10/2019 3:00	0,0	15/10/2019 3:15	0,0	15/10/2019 3:30	0,0
15/10/2019 3:45	0,0	15/10/2019 4:00	0,0	15/10/2019 4:15	0,0
15/10/2019 4:30	0,0	15/10/2019 4:45	0,0	15/10/2019 5:00	0,0
15/10/2019 5:15	0,0	15/10/2019 5:30	0,0	15/10/2019 5:45	105,5
15/10/2019 6:00	138,7	15/10/2019 6:15	127,8	15/10/2019 6:30	109,0
15/10/2019 6:45	110,3	15/10/2019 7:00	0,0	15/10/2019 7:15	0,0
15/10/2019 7:30	133,1	15/10/2019 7:45	249,7	15/10/2019 8:00	420,7
15/10/2019 8:15	402,9	15/10/2019 8:30	384,2	15/10/2019 8:45	406,9
15/10/2019 9:00	431,3	15/10/2019 9:15	427,9	15/10/2019 9:30	420,1
15/10/2019 9:45	438,9	15/10/2019 10:00	452,0	15/10/2019 10:15	457,4
15/10/2019 10:30	454,1	15/10/2019 10:45	444,9	15/10/2019 11:00	436,2
15/10/2019 11:15	456,2	15/10/2019 11:30	453,7	15/10/2019 11:45	449,5
15/10/2019 12:00	435,2	15/10/2019 12:15	423,9	15/10/2019 12:30	431,9
15/10/2019 12:45	436,5	15/10/2019 13:00	439,8	15/10/2019 13:15	432,6
15/10/2019 13:30	450,3	15/10/2019 13:45	457,0	15/10/2019 14:00	458,5
15/10/2019 14:15	510,7	15/10/2019 14:30	431,4	15/10/2019 14:45	385,1
15/10/2019 15:00	155,1	15/10/2019 15:15	95,6	15/10/2019 15:30	0,0
15/10/2019 15:45	0,0	15/10/2019 16:00	0,0	15/10/2019 16:15	0,0
15/10/2019 16:30	0,0	15/10/2019 16:45	0,0	15/10/2019 17:00	0,0
15/10/2019 17:15	0,0	15/10/2019 17:30	0,0	15/10/2019 17:45	0,0
15/10/2019 18:00	0,0	15/10/2019 18:15	0,0	15/10/2019 18:30	0,0
15/10/2019 18:45	0,0	15/10/2019 19:00	0,0	15/10/2019 19:15	0,0
15/10/2019 19:30	0,0	15/10/2019 19:45	0,0	15/10/2019 20:00	0,0
15/10/2019 20:15	0,0	15/10/2019 20:30	0,0	15/10/2019 20:45	0,0
15/10/2019 21:00	0,0	15/10/2019 21:15	0,0	15/10/2019 21:30	0,0
15/10/2019 21:45	0,0	15/10/2019 22:00	0,0	15/10/2019 22:15	0,0
15/10/2019 22:30	0,0	15/10/2019 22:45	0,0	15/10/2019 23:00	0,0
15/10/2019 23:15	0,0	15/10/2019 23:30	0,0	15/10/2019 23:45	0,0

¹ Elaboración propia

Para el cálculo se ha considerado el consumo de energía eléctrica del día útil 15 de octubre, cuyos datos se muestran en la Tabla N° 4. De donde se puede observar lo siguiente:

El mayor consumo de energía eléctrica se produce desde las 7:30 de la mañana hasta las 15:15 de la tarde. Una observación importante y que nos permite decidir si el sistema de autoconsumo usará batería es que no hay consumo de energía eléctrica en la noche por lo que sistema de autoconsumo será sin baterías y con inyección cero a la red eléctrica.

5.2. Datos de Irradiación solar

Tabla N° 5: Ubicación geográfica de la municipalidad de Pícsi²

Descripción	Ubicación de la municipalidad de Pícsi
Latitud	-6.7195202
Longitud	-79.7733696

Con la ubicación geográfica recopilamos los datos de irradiación solar de la página web de la NASA, tal como se muestra en la siguiente figura N° 46.

²Google maps

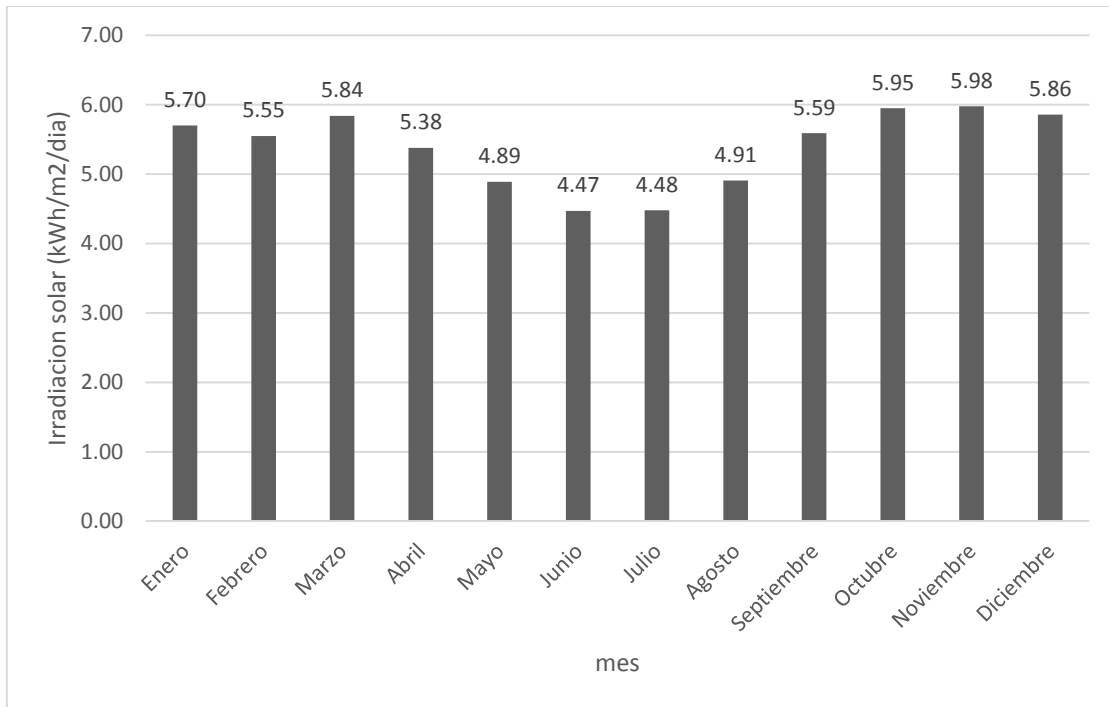


Figura N° 46: Irradiación solar en la municipalidad de Picsi

Fuente: (NASA, 2019)

De la Figura N° 46, se puede observar que el menor valor de irradiación solar es de 4,47 kWh/m²/día en el mes de junio.

5.2.1. Cálculo de las horas solar pico (HSP)

Para dimensionar el generador fotovoltaico necesitamos determinar el número de HSP. Este valor se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Horas Sol Pico (HSP)} = \frac{\text{Irradiación solar horizontal} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} \right)}{\text{Irradiancia bajo CEM} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)} \dots (\text{Ec. 6})$$

Donde la Irradiancia bajo CEM corresponde a 1000 W/m². La irradiación solar horizontal en kWh/m² y las HSP son equivalentes. En la Tabla 6 se describe su variabilidad a lo largo del año.

Tabla N° 6: Horas sol Pico

Mes	Irradiación solar diaria horizontal (kWh/m²/día)	Horas Sol Pico (h)
Enero	5,70	5,70
Febrero	5,55	5,55
Marzo	5,84	5,84
Abril	5,38	5,38
Mayo	4,89	4,89
Junio	4,47	4,47
Julio	4,48	4,48
Agosto	4,91	4,91
Septiembre	5,59	5,59
Octubre	5,95	5,95
Noviembre	5,98	5,98
Diciembre	5,86	5,86

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la NASA

5.3. Dimensionamiento y selección de equipos para el sistema fotovoltaico de autoconsumo en la municipalidad de Picsi.

5.3.1. Sistema fotovoltaico de autoconsumo sin inyección a red

De la Tabla N° 4 procedemos a considerar la alternativa de un sistema fotovoltaico conectado a red, pero sin inyección de potencia hacia ella, consideraremos que la energía requerida desde las 08:00 a.m. hasta las 15:30 p.m. será cubierto por el sistema fotovoltaico y las horas restantes será obtenida de la red pública tal como se muestra en la siguiente Tabla N° 7.

Tabla N° 7: Energía eléctrica aportada por el sistema fotovoltaico y la red eléctrica

Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro
15/10/2019 0:00	0,0		15/10/2019 0:15	0,0		15/10/2019 0:30	0,0	
15/10/2019 0:45	0,0		15/10/2019 1:00	0,0		15/10/2019 1:15	0,0	
15/10/2019 1:30	0,0		15/10/2019 1:45	0,0		15/10/2019 2:00	0,0	
15/10/2019 2:15	0,0		15/10/2019 2:30	0,0		15/10/2019 2:45	0,0	
15/10/2019 3:00	0,0		15/10/2019 3:15	0,0		15/10/2019 3:30	0,0	
15/10/2019 3:45	0,0		15/10/2019 4:00	0,0		15/10/2019 4:15	0,0	
15/10/2019 4:30	0,0		15/10/2019 4:45	0,0		15/10/2019 5:00	0,0	
15/10/2019 5:15	0,0		15/10/2019 5:30	0,0		15/10/2019 5:45	105,5	
15/10/2019 6:00	138,7	Red elec.	15/10/2019 6:15	127,8	Red elec.	15/10/2019 6:30	109,0	Red elec.
15/10/2019 6:45	110,3	Red elec.	15/10/2019 7:00	0,0	Red elec.	15/10/2019 7:15	0,0	
15/10/2019 7:30	133,1	Red elec.	15/10/2019 7:45	249,7	Red elec.	15/10/2019 8:00	420,7	SFCR
15/10/2019 8:15	402,9	SFCR	15/10/2019 8:30	384,2	SFCR	15/10/2019 8:45	406,9	SFCR
15/10/2019 9:00	431,3	SFCR	15/10/2019 9:15	427,9	SFCR	15/10/2019 9:30	420,1	SFCR
15/10/2019 9:45	438,9	SFCR	15/10/2019 10:00	452,0	SFCR	15/10/2019 10:15	457,4	SFCR
15/10/2019 10:30	454,1	SFCR	15/10/2019 10:45	444,9	SFCR	15/10/2019 11:00	436,2	SFCR
15/10/2019 11:15	456,2	SFCR	15/10/2019 11:30	453,7	SFCR	15/10/2019 11:45	449,5	SFCR
15/10/2019 12:00	435,2	SFCR	15/10/2019 12:15	423,9	SFCR	15/10/2019 12:30	431,9	SFCR
15/10/2019 12:45	436,5	SFCR	15/10/2019 13:00	439,8	SFCR	15/10/2019 13:15	432,6	SFCR
15/10/2019 13:30	450,3	SFCR	15/10/2019 13:45	457,0	SFCR	15/10/2019 14:00	458,5	SFCR
15/10/2019 14:15	510,7	SFCR	15/10/2019 14:30	431,4	SFCR	15/10/2019 14:45	385,1	SFCR
15/10/2019 15:00	155,1	SFCR	15/10/2019 15:15	95,6	SFCR	15/10/2019 15:30	0,0	
15/10/2019 15:45	0,0		15/10/2019 16:00	0,0		15/10/2019 16:15	0,0	
15/10/2019 16:30	0,0		15/10/2019 16:45	0,0		15/10/2019 17:00	0,0	

Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro	Fecha-hora	Consumo de energía (Wh)	Suministro
15/10/2019 17:15	0,0		15/10/2019 17:30	0,0		15/10/2019 17:45	0,0	
15/10/2019 18:00	0,0		15/10/2019 18:15	0,0		15/10/2019 18:30	0,0	
15/10/2019 18:45	0,0		15/10/2019 19:00	0,0		15/10/2019 19:15	0,0	
15/10/2019 19:30	0,0		15/10/2019 19:45	0,0		15/10/2019 20:00	0,0	
15/10/2019 20:15	0,0		15/10/2019 20:30	0,0		15/10/2019 20:45	0,0	
15/10/2019 21:00	0,0		15/10/2019 21:15	0,0		15/10/2019 21:30	0,0	
15/10/2019 21:45	0,0		15/10/2019 22:00	0,0		15/10/2019 22:15	0,0	
15/10/2019 22:30	0,0		15/10/2019 22:45	0,0		15/10/2019 23:00	0,0	
15/10/2019 23:15	0,0		15/10/2019 23:30	0,0		15/10/2019 23:45	0,0	

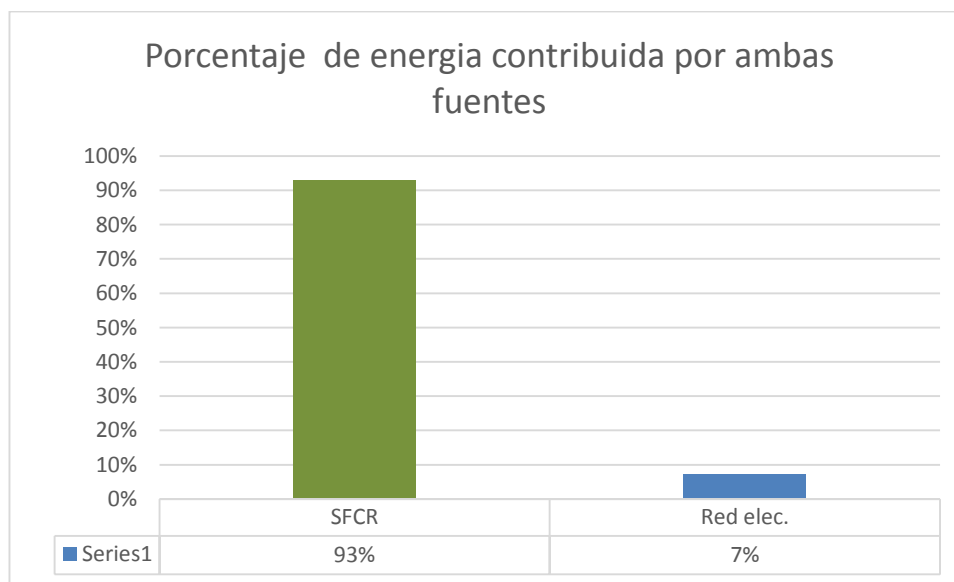
Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 7 elaboramos la tabla N° 8 donde resumimos la energía que suministrara el sistema fotovoltaico (SFCR) y la red eléctrica

Tabla N° 8: Contribución de energía (SFCR y red eléctrica) – Fuente: Elaboración propia.

Suministro	Energía (Wh)	%
SFCR	12480,5	93%
Red elec.	974,0	7%
Total	13454,6	100%

De la Tabla N° 8 observamos que el sistema fotovoltaico asumirá casi toda la energía eléctrica consumida por la Municipalidad de Picsi es decir el 93 % de energía eléctrica, mientras que la red eléctrica solo contribuirá con el 7%.



Fuente: elaboración propia

Para calcular la potencia del generador fotovoltaico debemos considerar que este tiene una duración de 25 (vida útil de los paneles fotovoltaicos) por lo tanto habra que considerar la perdida de energia entregada por los paneles fotovoltaicos, consideraremos una tasa de crecimiento de consumo de energia electrica 2,5% anual, y la tasa anual de perdida de eficiencia del generador fotovoltaico se considera 0,5 %.

5.3.1.1. Potencia del generador fotovoltaico

El consumo anual de energía eléctrica para el año 2018 fue aproximadamente de 5 472 kWh por lo que la energía en este caso que debió ser asumido por el SFCR sería de 93 % (5 472 kWh) = 5 088,96 kWh y aproximadamente para este año 2019 será de 93% (6 840 kWh) = 6 361,20 kWh que tomaremos como base para el siguiente año (2020) que será el año “1” ya que el presenta año está a punto de terminar.

La energía eléctrica proyectada se calculará con la siguiente ecuación:

$$E_n = E_0(1 + i)^n \dots \text{(Ec. 7)}$$

Donde:

En: Consumo de energía eléctrica anual para la Municipalidad de Pícsi proyectado a “n” años

$$E_0 = 570 \text{ kWh/mes} \times 12 \text{ meses} = 6\,840 \text{ kWh/año}$$

Ahora considerando que el SFCR solo cubre el 93% de la energía total entonces la energía cubierta será de:

$$0,93 \times 6\,840 \text{ kWh/año} = 6\,361,20 \text{ kWh/año}$$

Considerando la tasa de crecimiento de 2,5 % y la pérdida de eficiencia del generador fotovoltaico de 0,5 %

$$E_{\text{Generador fotovoltaico}} = 0,93 \times 6840 \times (1 + 0,025)^{25} \times (1 + 0,005)^{25}$$

$$= 13\,359,41 \text{ kWh/año}$$

Tabla N° 9: Energía suministrada por el SFCR

Ítem	Año	Energía total (kWh/año)	Energía a cargo del SFCR (kWh/año)	Energía entregada por el generador fotovoltaico (kWh/año)
0	2019	6 840	6361,20	13359,41
1	2020	7 011,00	6520,23	13292,94
2	2021	7 186,28	6683,24	13226,81
3	2022	7 365,93	6850,32	13161,00
4	2023	7 550,08	7021,57	13095,53
5	2024	7 738,83	7197,11	13030,38
6	2025	7 932,30	7377,04	12965,55
7	2026	8 130,61	7561,47	12901,04
8	2027	8 333,88	7750,50	12836,86
9	2028	8 542,22	7944,27	12772,99
10	2029	8 755,78	8142,87	12709,45
11	2030	8 974,67	8346,45	12646,21
12	2031	9 199,04	8555,11	12583,30
13	2032	9 429,02	8768,98	12520,69
14	2033	9 664,74	8988,21	12458,40
15	2034	9 906,36	9212,91	12396,42
16	2035	10 154,02	9443,24	12334,75
17	2036	10 407,87	9679,32	12273,38
18	2037	10 668,07	9921,30	12212,32
19	2038	10 934,77	10169,33	12151,56
20	2039	11 208,14	10423,57	12091,11

21	2040	11 488,34	10684,16	12030,95
22	2041	11 775,55	10951,26	11971,09
23	2042	12 069,94	11225,04	11911,54
24	2043	12 371,69	11505,67	11852,28
25	2044	12 680,98	11793,31	11793,31

Fuente: elaboración propia

Módulos fotovoltaicos

La energía anual que debe suministrar el generador fotovoltaico sin considerar el factor global de funcionamiento es de 13 359,41 kWh/año lo que equivale a 36,60 kWh/día.

Para calcular la potencia del generador fotovoltaico utilizaremos la siguiente ecuación:

$$P_{gf} (kWp) = \frac{Energia (kWh)}{0,9 \times HSP} \dots (Ec. 8)$$

$$P_{generador\ fotovoltaico}(kWp) = \frac{36,60\ kWh}{0,9 \times 4,47\ h} = 9,1\ kWp$$

Se ha considerado trabajar con paneles fotovoltaicos de la marca JINKO SOLAR y de 330 Wp de potencia del “PANEL SOLAR PERÚ” por ser una marca reconocida y potencia comercial.

$$Numero\ de\ paneles(N_{MF}) = \frac{P_{gf} (Wp)}{Pot.\ panel} = 9\ 100/330 = 27,58$$

Entonces utilizaremos 28 paneles fotovoltaicos de la marca JINKO SOLAR de 330 Wp.

Configuración del generador fotovoltaico

Se considera la configuración siguiente: 2 ramas en paralelo de 14 paneles fotovoltaicos en serie, a partir de ello calculamos las tensiones y corrientes del generador fotovoltaico:

Tabla N° 10: especificaciones del panel fotovoltaico

ESPECIFICACIONES										
Tipo de módulo	JKM310PP		JKM315PP		JKM320PP		JKM325PP		JKM330PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	305Wp	242Wp	330Wp	246Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.1V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A
Eficiencia del módulo (%)	15.98%		16.23%		16.49%		16.75%		17.01%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)									
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A									
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%									
Coefficiente de temperatura de PMAX	-0.40%/°C									
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30%/°C									
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C									
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C									

Fuente: (JinkoSolar, 2016)

Tensión a máxima potencia:

$$V_{mmpg-GF} = V_{mmpgPanel} \times N_{serie} \dots (Ec. 9)$$

Reemplazando tenemos lo siguiente:

$$V_{mmpg-GF} = 37,80 \times 14 = 529,20 \text{ V}$$

La corriente eléctrica del generador fotovoltaico en la condición de máxima potencia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$I_{mmpp-GF} = I_{mmppPanel} \times N_{ramas} \dots (Ec. 10)$$

$$I_{mmppTOTAL} = 8,74 \times 2 = 17,48 \text{ A}$$

La corriente eléctrica del generador fotovoltaico en la condición de cortocircuito se calculó con la siguiente ecuación:

$$I_{sc-GF} = I_{sc-Panel} \times N_{ramas} \dots (Ec. 11)$$

$$I_{SC-GF} = 9,14 \times 2 = 18,28 \text{ A}$$

Inclinación de los paneles fotovoltaicos

El ángulo de inclinación que deben tener los paneles fotovoltaicos se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |Latitud|) \dots (14)$$

Reemplazando la latitud tenemos que el ángulo optimo es de

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-6,72|)$$

$$\beta_{opt} = 8,34^\circ$$

La inclinación que deben tener los paneles fotovoltaicos es de $8,34^\circ$

Distancia entre paneles

Con la finalidad de eliminar o reducir las sombras producidas por una fila de paneles fotovoltaicos sobre otras se calcula la distancia mínima de separación entre filas de paneles fotovoltaicos utilizando la siguiente ecuación. Además de que esta separación facilita el mantenimiento.

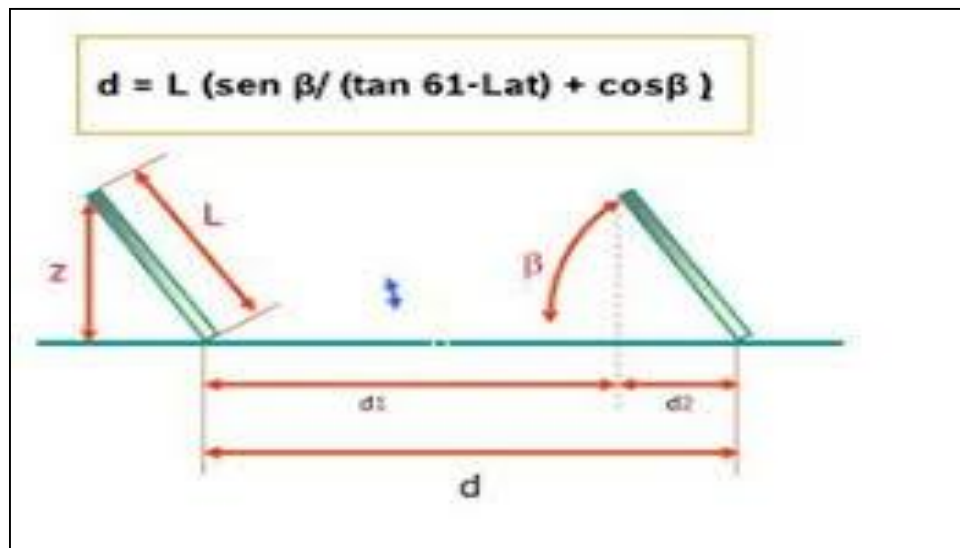


Figura N° 47: Distancia mínima de separación entre filas de paneles fotovoltaicos

Fuente: (Distancia entre paneles fotovoltaicos, 2019)

$$d_{min} = Lx\left(\frac{\text{sen}(\beta)}{\text{tg}(61^\circ - \text{Lat})} + \cos(\beta)\right) \dots (\text{Ec. 13})$$

De las características mecánicas del panel se tiene:

Como se tienen las medidas de los módulos fotovoltaicos, las cuales son 1956x992 mm.

Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm ² , Longitud: 900mm

Figura N° 48: Características mecánicas de los paneles fotovoltaicos

Fuente: (JinkoSolar, 2016)

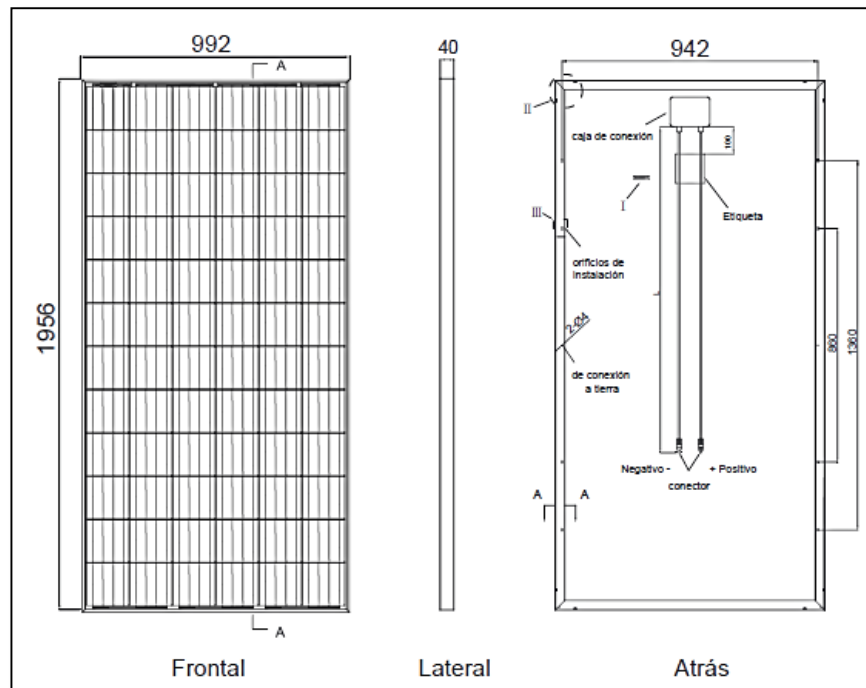


Figura N° 49: Características geométricas del panel fotovoltaico

Fuente: (JinkoSolar, 2016)

Tenemos entonces:

$$\beta=8,34^{\circ}$$

$$\phi=-6,72^{\circ}$$

$$L: 1\,956. (mm)$$

Reemplazando en la ecuación:

$$D_{min}= 2\,051,56 \text{ mm.}$$

Corrección de la tensión y corriente debido a la temperatura

Siguiendo el procedimiento de la tesis (Cornejo Lalupu, 2013) tenemos lo siguiente:

De la Tabla N° 1 observamos que La temperatura más alta es de 31,2°C y la temperatura más baja con 15°C, a temperatura promedio anual es de 22,38 °C

La temperatura de trabajo que alcanzan las células de los paneles fotovoltaicos se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$T_p = T_a + \frac{(T_{ONC} - 20)}{800} \times I.. (Ec. 14)$$

donde:

T_p: es la temperatura que alcanza la célula a una temperatura ambiente determinada.

Ta: es la temperatura ambiente del lugar donde están instalados los paneles solares.

TONC: es la temperatura nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800W/ m² con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 30° C y la velocidad del viento, de 1m/s. (TONC = 45°C).

I es la irradiancia media dependiendo del periodo en el que se encuentre. En verano I =1 000W/ m² y en invierno I =100W/ m²

Tabla N° 11: Coeficientes de temperatura del panel fotovoltaico

Coeficiente de temperatura de P _{MAX}	-0.40%/°C
Coeficiente de temperatura de V _{OC}	-0.30%/°C
Coeficiente de temperatura de I _{SC}	0.06%/°C
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C

Fuente: (JinkoSolar, 2016)

Observamos que los coeficientes de temperaturas están expresados en porcentaje entonces:

- a) Coeficiente de temperatura de la tensión a circuito abierto del panel fotovoltaico

$$\alpha = \frac{\alpha(\%)}{100} \times V_{oc} \quad (Ec. 15)$$

$$\alpha = \frac{-0,30}{100} \times 46,90 = -0,1407 \text{ V/}^\circ\text{C}$$

b) Coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico

$$= \frac{\beta(\%)}{100} \times I_{sc} \dots (\text{Ec. 16})$$

$$\beta = \frac{0,06}{100} \times 9,14 = 0,005484 \text{ A/}^\circ\text{C}$$

Cálculo para la temperatura más alta T = 31,2°C:

La temperatura que alcanzaran las células del panel solar en el lugar de instalación será:

$$T_p = 31,2 + \frac{(45 - 20)}{800} \times 1000 = 62,45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Calculamos la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito a la salida del panel solar con la temperatura ambiente del lugar de instalación:

$$V_{OC(62,45 \text{ }^\circ\text{C})} = V_{OC(25 \text{ }^\circ\text{C})} + \alpha x (T - 25)$$

$$V_{OC(62,45 \text{ }^\circ\text{C})} = 46,90 - 0,1407 x (62,45 - 25) = 41,63 \text{ V}$$

$$I_{SC(62,45 \text{ }^\circ\text{C})} = I_{SC(25 \text{ }^\circ\text{C})} + \beta x (T - 25) \dots (13)$$

$$I_{SC(62,45 \text{ }^\circ\text{C})} = 9,14 + 0,005484 x (62,45 - 25) = 9,35 \text{ A}$$

Por último, calcularemos los parámetros de tensión a máxima potencia. El coeficiente de temperatura para la tensión a máxima potencia se considera igual que el coeficiente de temperatura a la tensión de circuito abierto³:

$$V_{mmp(62,45\text{ °C})} = V_{mpp(25\text{ °C})} - 0,1407x(T - 25)$$

$$V_{mmp(62,45\text{ °C})} = 37,80 - 0,1407x(62,45 - 25) = 32,53\text{ V}$$

Ahora calcularemos los parámetros para el generador fotovoltaico

$$V_{OC(62,45\text{ °C})GF} = (41,63\text{ V})x14 = 582,82\text{ V}$$

$$I_{SC(62,45\text{ °C})GF} = (9,35\text{ A})x2 = 18,70\text{ A}$$

$$V_{mmp(62,45\text{ °C})} = (32,53\text{ V})x14 = 455,42\text{ V}$$

Cálculo para la temperatura de 15 °C:

La temperatura que alcanzaran las células del panel solar

en el lugar de instalación será:

$$T_p = 15,0 + \frac{(45 - 20)}{800} x 1000 = 46,25\text{ °C}$$

Calculamos la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito a la salida del panel solar con la temperatura ambiente del lugar de instalación:

$$V_{OC(46,25\text{ °C})} = V_{OC(25\text{ °C})} + \alpha x(T - 25)$$

³ (Agustin Castejon, 2010)

$$V_{OC(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = 46,90 - 0,1407x(46,25 - 25) = 43,91\text{ V}$$

$$I_{SC(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = I_{SC(25\text{ }^{\circ}\text{C})} + \beta x(T - 25)$$

$$I_{SC(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = 9,14 + 0,005484x(46,25 - 25) = 9,26\text{ A}$$

Por último, calcularemos los parámetros de tensión a máxima potencia.

$$V_{mmp(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = V_{mmp(25\text{ }^{\circ}\text{C})} - 0,1727x(T - 25)$$

$$V_{mmp(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = 37,80 - 0,1407x(46,25 - 25) = 34,81\text{ V}$$

Ahora calcularemos los parámetros para el generador fotovoltaico

$$V_{OC(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})GF} = (43,91\text{ V})x14 = 614,74\text{ V}$$

$$I_{SC(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})GF} = (9,26\text{ A})x2 = 18,52\text{ A}$$

$$V_{mmp(46,25\text{ }^{\circ}\text{C})} = (34,81\text{ V})x14 = 487,34\text{ V}$$

5.3.1.2. Selección del inversor

Considerando los resultados del ítem anterior y la potencia del generador fotovoltaico que es de 9,24 kW, según el documento (Agustin Castejon, 2010, pág. 180) recomienda que el inversor debe tener una potencia del 80% al 90% del generador fotovoltaico para sistemas conectados a red, por lo que la potencia del inversor debe estar entre: 7,39 kW - 8,32 kW ; seleccionamos el inversor de la marca Fronius de 8,2 kW distribuido por Autosolar.

Los parámetros de generador fotovoltaico teniendo en cuenta los efectos de la temperatura y calculados en el ítem anterior se muestran resumidos a continuación.

Tabla N° 12: Comparativo entre los parámetros eléctricos del generador fotovoltaico y el inversor

	Generador fotovoltaico		Inversor
Temperatura	31,2 ° C	15 ° C	
Voc (V)	582,82	614,74	80-1000
Vmp (V)	455,42	487,54	270-800
Isc (A)	18,7	18,52	27

Fuente: elaboración propia

Se ha seleccionado el inversor Fronius de 8,2 kW cuyas características se observan en la Tabla N° 13. De la Tabla N° 12 se puede observar que el inversor seleccionado cumple con los requerimientos del generador fotovoltaico.



Figura N° 50: Inversor Fronius Primo 8.2 kW

Fuente: (FRONIUS, 2019)

Tabla N° 13: Datos técnicos del inversor Fronius

DATOS DE ENTRADA	
Número de seguidores MPP	2,0
Máxima corriente de entrada ($I_{dc \text{ max}}$)	18 / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	27 / 27 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{cc \text{ mín.}} - U_{cc \text{ máx.}}$)	80 - 1000 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc \text{ arranque}}$)	80,0 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	710,0 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$)	270 - 800 V
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	80 - 800 V
Número de entradas CC	2 + 2
Máxima salida del generador FV ($P_{cc \text{ máx.}}$)	12,3 kWpeak

5.3.1.3. Cableado

Se ha seleccionado el conductor tipo NH-80 el cual es libre de halógenos (ver ANEXO 05).

Se aplicará la siguiente fórmula para determinar la caída de tensión en los

$$S_{CABLE} = \frac{2xLxI_{MAX}}{56 x \Delta V} \dots (Ec. 17)$$

Donde:

S_{CABLE} : Sección recomendada (mm^2); L: Longitud. (m); I_{MAX} : Corriente máxima por tramo. (A); ΔV : Caída de tensión por tramo. (V)

a) Tramo: generador fotovoltaico - Caja de protecciones en CD

ΔV es la caída máxima de tensión permitida dentro de la conexión: <1,5 %.

$$V_{mmpTOTAL} = 37,80x14 = 529,20 V$$

$$I_{MAX} = 1,25x9,14x2 = 22,85 A$$

$$S_{CABLE} = \frac{2xLxI_{MAX}}{56 x \Delta V} = \frac{2x30x22,85}{56 x 7,94} = 3,08 mm^2$$

Seleccionaremos el conductor NH -80 de 4,0 mm^2 .

b) Tramo: Caja de protecciones en CD al inversor

La caída máxima de tensión permitida dentro de la conexión. Para nuestro estudio se tomará como referencia un porcentaje del 1,5 %. Es decir 7,94 V

$$S_{CABLE} = \frac{2x5xI_{MAX}}{56 x 7,94} = \frac{2x10x22,85}{56 x 7,94} = 1,03 mm^2$$

Seleccionaremos el conductor NH -80 de 2,5 mm².

c) Tramo: Inversor al tablero general de la carga

La caída de tensión < 2,5 %. La tensión es de 220 V, por lo que la caída de tensión será como máximo 5,5 V.

$$S_{CABLE} = \frac{2xLxP_{inversor}}{56xVx \Delta V} = \frac{2x10x8\ 200}{56x220x5,5} = 2,42\ mm^2$$

Seleccionaremos el conductor NH -80 de 2,5 mm².

5.4. Evaluación de la viabilidad técnica y económica

5.4.1. Costo del sistema conectado a red

Tabla N° 14: Costo del suministro

Descripción	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
28 paneles fotovoltaicos JINKO SOLAR de 330 Wp	593,22	16 610,16
01 inversor Fronius	9 924,70	9 924,70
04 estructura de fijación para 07 módulos fotovoltaicos	1 218,34	4 873,36
Accesorios	300,00	300,00
TOTAL		31 708,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Costo total del sistema propuesto

Descripción	Costo (S/.)
Costo de materiales y mano de obra	31 708,22
Transporte y montaje	4 000,00
Total, incluido IGV	41 135,70

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Evaluación económica

Para la evaluación económica se tendrá en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla N° 16: Parámetros para la viabilidad

Descripción	
Inversión inicial (S/.)	41 135,70
Tasa de descuento	12%
Horizonte (años)	25

Fuente: Elaboración propia

Flujo de caja proyectado:

Con respecto a los ingresos corresponde a la cantidad de dinero que se dejara de pagar por concepto de consumo de energía eléctrica a la concesionaria, la tasa de crecimiento de la energía eléctrica es de 2,5 % para el horizonte de proyección. Con respecto a los egresos se considera: la inversión inicial de s/ 41 135,70 y la reposición o compra del inversor para el año 10 y el año 20 con su respectivo mantenimiento que se considera en este ítem = S/.12 000.

Tabla N° 17: Tasa de crecimiento del costo del kWh anual

año	Costo del kWh (S/.)
2018	0,5741
2019	0,6006
Tasa de crecimiento	4,62%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Tabla con una hoja de cálculo, se calcula los indicadores financieros.

Tabla N° 18: Flujo de caja

Ítem	Año	Energía a cargo del SFCR (kWh/año)	Costo del kWh	Ingresos	Mantenimiento	compra de equipos	Flujo total	Factor de actualización	Flujo actualizado
0	2019		0,574				-41135,700		-41135,700
1	2020	6520,23	0,601	3916,050	200,000		3716,050	0,893	3317,902
2	2021	6683,24	0,628	4199,232	200,000		3999,232	0,797	3188,163
3	2022	6850,32	0,657	4502,892	200,000		4302,892	0,712	3062,714
4	2023	7021,57	0,688	4828,511	200,000		4628,511	0,636	2941,502
5	2024	7197,11	0,719	5177,676	200,000		4977,676	0,567	2824,467
6	2025	7377,04	0,753	5552,090	200,000		5352,090	0,507	2711,535
7	2026	7561,47	0,787	5953,579	200,000		5753,579	0,452	2602,627
8	2027	7750,50	0,824	6384,101	200,000		6184,101	0,404	2497,655
9	2028	7944,27	0,862	6845,756	200,000		6645,756	0,361	2396,526
10	2029	8142,87	0,901	7340,794	200,000	12000,000	-4859,206	0,322	-1564,534
11	2030	8346,45	0,943	7871,631	200,000		7671,631	0,287	2205,410
12	2031	8555,11	0,987	8440,853	200,000		8240,853	0,257	2115,222
13	2032	8768,98	1,032	9051,238	200,000		8851,238	0,229	2028,475
14	2033	8988,21	1,080	9705,762	200,000		9505,762	0,205	1945,067
15	2034	9212,91	1,130	10407,617	200,000		10207,617	0,183	1864,893
16	2035	9443,24	1,182	11160,225	200,000		10960,225	0,163	1787,850
17	2036	9679,32	1,236	11967,256	200,000		11767,256	0,146	1713,834
18	2037	9921,30	1,293	12832,647	200,000		12632,647	0,130	1642,744
19	2038	10169,33	1,353	13760,616	200,000		13560,616	0,116	1574,479

Ítem	Año	Energía a cargo del SFCR (kWh/año)	Costo del kWh	Ingresos	Mantenimiento	compra de equipos	Flujo total	Factor de actualización	Flujo actualizado
20	2039	10423,57	1,416	14755,690	200,000	12000,000	2555,690	0,104	264,940
21	2040	10684,16	1,481	15822,721	200,000		15622,721	0,093	1446,033
22	2041	10951,26	1,549	16966,912	200,000		16766,912	0,083	1385,660
23	2042	11225,04	1,621	18193,844	200,000		17993,844	0,074	1327,729
24	2043	11505,67	1,696	19509,499	200,000		19309,499	0,066	1272,150
25	2044	11793,31	1,774	20920,293	200,000		20720,293	0,059	1218,836
							TIR=14%		VAN= 5 989,64

De la Tabla N° 18 obtenemos el VAN=S/.5 989,64 y la TIR = 14 % por lo que el proyecto se acepta.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- a) Se recopiló los datos de consumo histórico de energía eléctrica de donde se obtuvo un valor promedio de 570,3 kWh /anual, el costo del kWh promedio es de S/.0,6006, además se utilizó un analizador de redes aplicado durante el período día 07 de octubre hasta el día 17 del mismo mes del año 2019; de donde para el día 15 de octubre representativo útil se obtuvo que la energía consumida diaria es de 13,45 kWh y una máxima demanda de 2,041 kW.
- b) Se recopiló los datos de irradiación solar de la página web de la NASA ingresando las coordenadas de latitud= -6.7195202; Latitud=-79.7733696 obteniendo que la irradiación solar varía entre 4,47 kWh/m²/día y 5,95 kWh/m²/día, considerando para el cálculo la situación crítica es decir para un valor de irradiación solar de 4,47 kWh/m²/día.
- c) El equipamiento del sistema fotovoltaico de autoconsumo está conformado por un generador fotovoltaico conformado por 28 paneles fotovoltaicos de la marca JINKO SOLAR de 330 Wp con una potencia total de 9,24 kWp; un inversor de la marca Fronius de 8,2 kW. El sistema fotovoltaico conectado a red suministrará el 93 % de la energía eléctrica requerida por la municipalidad de Picsi, mientras que el restante 7% será suministrado por la red eléctrica de la concesionaria.

- d) Se realizó la evaluación técnica y económica del sistema fotovoltaico de autoconsumo obteniéndose un costo total de S/. -41 135,700, los indicadores económicos evaluados para una tasa de descuento de 12 % y un periodo de 25 años fueron de: VAN de S/.5 989,64 y la TIR de 14%.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) ABB. (2011). *Cuaderno de aplicaciones practicas Nº 10 Plantas Fotovoltaicas*.
Obtenido de https://library.e.abb.com/public/e703d99268365a43c125791f002ce826/1TXA007109G0701_CT10.pdf
- 2) Agustin Castejon, G. S. (s.f.). *instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 3) Baron Ortiz, Y. L. (2015). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO*. Bogota.
- 4) Camma Aoun, D. O. (2017). *“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LOS SISTEMAS FOTVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED PUBLICA EN LA CIUDAD DE LIMA*. Puno.
- 5) Castejon, A. (1998). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 6) Cervantes Torres, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema de un sistema fotovoltaico de interconxion a la red electrica en la Universidad Nacional de Altamira*. Altamira.
- 7) Chavez Guerrero, M. A. (2012). *“PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA USO DE PANELES SOLARES EN GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE ELECTRICIDAD EN EL COMPLEJO HABITACIONAL SAN ANTONIO DE RIOBAMBA”*. Riobamba.
- 8) Colegio oficial de ingeniros de telacomunicacion. (2002). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Madrid.
- 9) Cornejo Lalupu, H. A. (2013). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXION A RED DEL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA*. Piura.
- 10) Electrificación rural. (2011). Obtenido de Guia para la elaboracion de proyctos exitosos:
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf
- 11) Espierriz Crespo, M. (2015). *ESTUDIO DEL DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR*. Pamplona.
- 12) Gimenes, J. M. (2010). *Energia solar eolico foovoltaico*.

- 13) Guivin Mori, F. J. (2018). *SE INSTALARÁN MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN CENTROS DE SALUD E INSTITUCIONES EDUCATIVAS NO CONECTADAS A RED EN LA REGIÓN SAN MARTÍN*. Obtenido de San Marín Gobierno Regional: <https://regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=4789>
- 14) Gutierrez Henao, J. C., & Olaya Betancourt, O. L. (2016). *DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO SIN BATERÍAS CONECTADO A UNA RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA*. Bogotá.
- 15) Joachin Barrios, C. D. (2008). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica a la comunidad Buena Vista, San Marcos*. Guatemala.
- 16) Lara Yevenes, F. A. (2007). *Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles FV*. Chile.
- 17) Mesones Abanto, P. F. (2019). *Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para el Restaurante el "Zarco" ubicado en la ciudad de Cajamarca*. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/4310/BC-TES-TMP-3132.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 18) NASA. (2019). Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- 19) OSINERMIN. (s.f.). *Energía solar*. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar/que-es-la-energia-solar>
- 20) PCPU. (2017). *El desarrollo de la energía solar en el Perú*. Obtenido de GRUPO DE APOYO AL SECTOR RURAL: <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>
- 21) Roca, J. (2019). *10 tendencias del mercado fotovoltaico en 2019: se superarán los 100 GW por primera vez*. Obtenido de El periódico energético: <https://elperiodicodelaenergia.com/10-tendencias-del-mercado-fotovoltaico-en-2019-se-superaran-los-100-gw-por-primera-vez/>
- 22) ROMERO, J. (2015). *“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y SU UTILIZACIÓN EN LAS REGIONES DE LA COSTA Y SIERRA DEL ECUADOR. CASO DE ESTUDIO: BIBLIOTECA POMPEU FABRA DE MATARÓ”*. QUITO.
- 23) SACHEZ, B. (2012). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA REDUCIR EL*

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA
U.C.V. Caracas.

- 24) Sarria, C. A. (2012). *SIMULACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS FOTOVOLTAICO / BIOGÁS /PROPANO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER*. Santiago de Cali.
- 25) SENAMHI. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*.
- 26) solar, G. d. (2016). *Guia de la energia solar*. 2006.
- 27) SUNFIELDS. (s.f.). *Conceptos fundamentales sobre energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- 28) Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP*. Lima.
- 29) Vargas Velasco, F. D. (2015). *SISTEMA FOTOVOLTAICO CON INTERCONEXIÓN A LA RED DE DISTRIBUCION PARA APLICARLO AL INSTITUTO DE DESARROLLO EMPRESARIAL ADMINISTRATIVO*. Mexico.
- 30) Velazquez Céspedes, R. A. (2012). *Proyecto de instalacion solar fotovoltaica en el departamento de Ingenieria Electrica de la Uniersidad Santiago de Chile*. tesis, Uniersidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile.
- 31) Volt, D. (2010). *Mapas de la radiacion solar del peru*. Obtenido de Atlas solar: <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar>

ANEXOS

- ANEXO N°01.** DATA HISTORICA POR CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA.
- ANEXO N°02.** DATOS DE POTENCIA ACTIVA Y ENERGIA ELECTRICA DEL ANALIZADOR DE REDES.
- ANEXO N°03.** FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO JINKO SOLAR DE 330 Wp.
- ANEXO N°04.** FICHA TECNICA DEL INVERSOR FRONIUS DE 8,2 kW.
- ANEXO N°05.** FICHA TECNICA DEL CONDUCTOR NH 80.
- ANEXO N°06** DIAGRAMA DEL SISTEMA DE MICROGENERACION DISTRIBUIDA.
- ANEXO N°07** PERMISO DE LA MUNICIPALIDAD DE PICSI PARA RELIAZAR LA INVESTIGACION EN SUS AMBIENTES.

RECIBO N° 258-87434798

Enero-2018

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI

PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169

20146791540

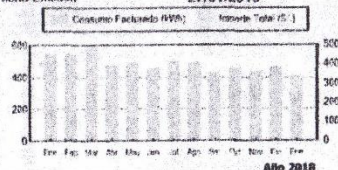
EnsEMPRESA REGIONAL DE SERVICIOS
DE ELECTRICIDAD DEL
San Martín N° 250 -
R.U.C.2010311

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

IMPORTES FACTURADOS

Tensión 220 V - BT
Sub. Estación N° D-270262 (SE0227)
Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
Medidor N° 0000000JB029798 - Electrón.
Hilos 3
Lectura Anterior 0.00 (25/12/2017)
Lectura Actual 56,153.00 (25/01/2018)
Diferencia de Lectura 409.00
Factor 1.0000
Consumo 409.00 kWh
Cons. Prom.(6) 461.83 kWh

Potencia Contratada 0.60 kW.
Inicio Contrato 01/05/2001
Término Contrato 30/04/2018
Fecha Emisión 27/01/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Nov - 2017 S/ 317.50	Dic - 2017 S/ 338.60

Recibo por Consumo del 26/12/2017 al 25/01/2018

Cargo Fijo	3
Dev CASE-Ley 30543-T1	-38
Cargo por Reposición y Mantenimiento	1
Ense Active(S/ 0.5717 x 409 0000 kWh)	233
Alumbrado Público (Alcualto : S/ 0.3764)	13
Interés Compensatorio	0
SUB TOTAL	213
Imp. Gral. a las Ventas	38
Dev. CASE-Ley N° 30543	-58
Interés Moratorio	0
Saldo por redondeo	0
Diferencia de redondeo	-1
Aporte Ley Nro. 28749 0.0003	0
TOTAL RECIBO DE ENERO-2018	191
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 7.59	0

000000

FECHA DE VENCIMIENTO

16/02/2018

TOTAL A PAGAR S/ *****199.20

RECIBO N° 258-87434798 Enero-2018

Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

1317 - 10186 - 4890 / 27/01/2018 / 16/02/20

TOTAL A PAGAR S/ *****199.20



RECIBO Nº 258-87574106

Febrero-2018

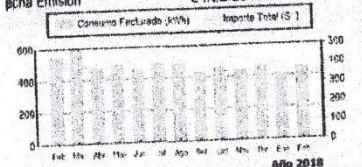
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

EnsaEMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
San Martín Nº 260 - Chiclayo
R.U.C. 20103117560Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRICTAL DE PICSÍ**
PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tensión 220 V - BT
 Sub. Estación Nº D-270262 (SE0227)
 Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
 Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
 Medidor Nº 0000000JB029798 - Electrón.
 HRS 3
 Lectura Anterior 56,153.00 (25/01/2018)
 Lectura Actual 56,608.00 (22/02/2018)
 Diferencia de Lectura 455.00
 Factor 1.0000
 Consumo 455.00 kWh
 Cnta. Prom./6 447.33 kWh

plencia Contratada 0.60 kW.
 licio Contrato 01/05/2001
 tmino Contrato 30/04/2018
 echa Emisión 24/02/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Dic- 2017 S/ 338.60	Ene- 2018 S/ 188.20

Fecha Corte: 21/03/2018

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.



FECHA DE VENCIMIENTO

20/03/2018

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/01/2018 al 22/02/2018

Cargo Fijo	3.25
Cargo por Represión y Mantenimiento	1.07
Ene. Activa (S/ 0.6849 x 455.00 kWh)	266.13
Alumbrado Público (Alumbrado: S/ 0.3383)	11.74
Interés Compensatorio	0.38
Ajuste Cose	0.74
SUB TOTAL	283.31
Imp. Gral. a las Ventas	51.00
Ajuste CBASE	1.11
Saldo por redondeo	0.04
Diferencia de redondeo	-0.04
Aporte Ley Nro. 28748	3.78
TOTAL RECIBO DE FEBRERO-2018	339.20
Deuda Anterior (1 Mes.)	199.20
Aporte FOSE (Ley N° 27510) S/ 9.82	



"Paga tu recibo en cualquiera de los Agentes BCP más cercano a tu casa, **SIN PAGAR COMISIÓN!!**"

TOTAL A PAGAR S/ ***538.40**

RECIBO Nº 258-87574106 **Febrero-2018**
 Suministro: 26848245 **MUNICIPALIDAD DISTRICTAL**
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
 1317 - 10186 - 4890 / 24/02/2018 / 20/03/2018
TOTAL A PAGAR S/ ***538.40**

**Ensa** R.U.C. 20103117560

RECIBO N° 258-88076691
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Junio-2018

Para Consultas, su código es: **26848245**

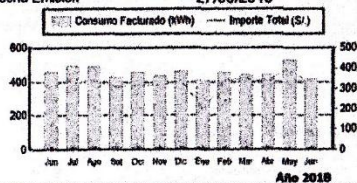
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ
PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540

Ensa
EMPRESA REGIONAL DE SERVICIOS
DE ELECTRIFICACIÓN DEL NOROCCIDENTE S.A.
San Martín N° 250 - Chiclayo
R.U.C.20103117560

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270262
Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)
Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
Medidor N° 0000000JB029798 - Electrón.
Hilos 3
Lectura Anterior 58,020.00 (25/05/2018)
Lectura Actual 58,438.00 (25/06/2018)
Diferencia de Lectura 418.00
Factor 1.0000
Consumo 418.00 kWh
Cons. Prom.(6) 456.17 kWh

Polencia Contratada 0.60 KW.
Inicio Contrato 01/05/2001
Término Contrato 30/04/2019
Fecha Emisión 27/06/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Abr - 2018 S/ 333.30	May - 2018 S/ 406.00

CORTADO

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

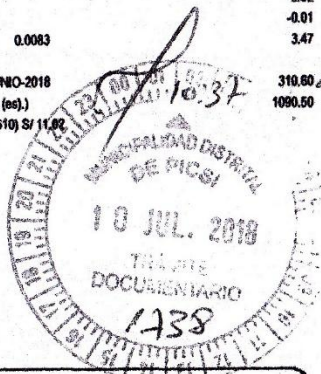


FECHA DE VENCIMIENTO **16/07/2018**

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/05/2018 al 25/06/2018

Cargo Fijo	3.29
Cargo por Reposición y Mantenimiento	1.08
Ene.Activa(S/ 0.5681 x 418.0000 kWh)	237.47
Alumbrado Público (Alcualta : S/ 0.3525)	12.34
Interés Compensatorio	5.52
SUB TOTAL	259.70
Imp. Gral. a las Ventas	46.75
Interés Moratorio	0.71
Saldo por redondeo	-0.02
Diferencia de redondeo	-0.01
Aporte Ley Nro. 26740 0.0083	3.47
TOTAL RECIBO DE JUNIO-2018	310.60
Deuda Anterior (3 Mes. (es.))	1090.50
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 11.92	



Lávate las manos con agua y jabón, come frutas y verduras, ejercítate cada día.

TOTAL A PAGAR S/ **1,401.10**

Logística
Atención al cliente
16/07/18

Ensa S.U.C.20103117560

RECIBO N° 258-88076691 **Junio-2018**
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317 - 10186 - 4890 / 27/06/2018 / 16/07/2018
TOTAL A PAGAR S/ **1,401.10**



RECIBO N° 258-8815 2

Julio-2018

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

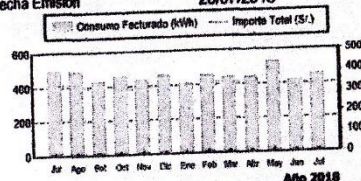
Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICS
PUEBL PICS Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540

EMPRESA REGULADA
 DE ELECTRICIDAD
 San Martín N° 25
 R.U.C. 2010311

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270262
 Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)
 Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
 Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
 Medidor N° 0000000JB029798 - Electrón.
 Hilos 3
 Lectura Anterior 58,438.00 (25/06/2018)
 Lectura Actual 58,889.00 (25/07/2018)
 Diferencia de Lectura 451.00
 Factor 1.0000
 Consumo 451.00 kWh
 Cons. Prom.(6) 449.00 kWh
 Potencia Contratada 0.60 kW.
 Inicio Contrato 01/05/2001
 Término Contrato 30/04/2019
 Fecha Emisión 26/07/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
May - 2018 S/ 406.00	Jun - 2018 S/ 310.60

CORTADO

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará
 el corte, gastos y molestias innecesarias.



FECHA DE VENCIMIENTO

16/08/2018

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/06/2018 al 25/07/2018

Cargo Fijo	3.31
Cargo por Reposición y Mantenimiento	1.09
Ene. Activa(S/ 0.5737 x 451.0000 kWh)	258.74
Alumbrado Público (Alcualta : S/ 0.3525)	12.34
Interés Compensatorio	7.51
Ajuste Tarifario	2.80
SUB TOTAL	285.79
Imp. Gral. a las Ventas	51.44
Interés Moratorio	1.04
Saldo por redondeo	0.01
Diferencia de redondeo	-0.02
Aporte Ley Nro. 28749	0.0083
Aporte FOSE(Ley N° 27510) S/ 12.01	3.74
TOTAL RECIBO DE JULIO-2018	342.00
Deuda Anterior (4 Mes (es).)	1401.10

Felices Fiestas
Patrias
 Les desea:
La familia ENSA

TOTAL A PAGAR S/ ****1,743.10

RECIBO N° 258-88195062 **Julio-2018**
 Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
 Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
 1317 - 10186 - 4890 / 26/07/2018 / 16/08/2018
TOTAL A PAGAR S/ **1,743.10**



Ensa R.U.C. 20103117560

RECIBO N° 258-882989

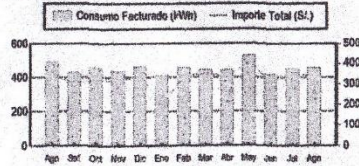
Agosto-2018

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ****PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000****CONGRESO 169****20146791540****Ensa**EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
San Martín N° 250 - Chiclayo
R.U.C.20103117560

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270262
Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)
Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
Medidor N° 0000000JB029798 - Electrón.
Hilos 3
Lectura Anterior 58,889.00 (25/07/2018)
Lectura Actual 0.00 (25/08/2018)
Diferencia de Lectura 0.00
Factor 1.0000
Consumo 456.00 kWh
Cons. Prom.(6) 456.00 kWh
Estim. de Consumo
Potencia Contratada 0.60 kW.
Inicio Contrato 01/05/2001
Término Contrato 30/04/2019
Fecha Emisión 27/08/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Jun - 2018 S/ 310.60	Jul - 2018 S/ 342.00

CORTADO

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará
el corte, gastos y molestias innecesarias.



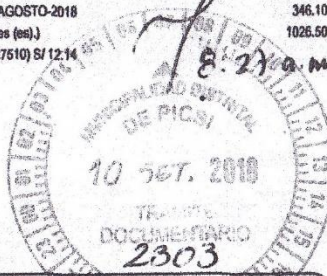
FECHA DE VENCIMIENTO

17/09/2018

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/07/2018 al 25/08/2018

Cargo Fijo	3.32
Cargo por Reposición y Mantenimiento	1.09
Ens.Activa(S/ 0.5741 x 456.0000 kWh)	261.79
Alumbrado Público (Alcualta : S/ 0.3575)	12.51
Interés Compensatorio	5.86
Corte de servicio	4.81
SUB TOTAL	289.38
Imp. Grat. a las Ventas	52.09
Interés Moratorio	0.78
Saldo por redondeo	0.02
Diferencia de redondeo	0.05
Aporte Ley Nro. 28740	0.0083
TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2018	346.10
Deuda Anterior (3 Mes (es).)	1026.50
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 12.14	

**TOTAL A PAGAR S/ ****1,372.60**

RECIBO N° 258-88298927 **Agosto-2018**
Suministro: 26848245 **MUNICIPALIDAD DISTRITAL**
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317 - 10186 - 4890 / 27/08/2018 / 17/09/2018
TOTAL A PAGAR S/ **1,372.60**


Ensa R.U.C.20103117560

RECIBO Nº 258-88689631
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Noviembre-2018

Para Consultas, su código es: **26848245**
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ
PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540



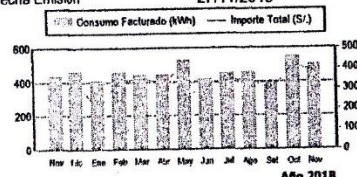
Ensa

EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
San Martín Nº 260 - Chiclayo
R.U.C.20103117560

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270262
Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)
Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
Medidor Nº 000000JB029798 - Electrón.
Filtros 3
Lectura Anterior 60,288.00 (25/10/2018)
Lectura Actual 60,794.00 (24/11/2018)
Diferencia de Lectura 506.00
Factor 1.0000
Consumo 506.00 kWh
Cons. Prom. 466.00 kWh

Potencia Contratada 0.60 kW.
Inicio Contrato 01/05/2001
Término Contrato 30/04/2019
Fecha Emisión 27/11/2018



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Sep - 2018 S/ 289.50	Oct - 2018 S/ 416.80

Fecha Corte: 20/12/2018

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.



FECHA DE VENCIMIENTO

19/12/2018

IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 26/10/2018 al 24/11/2018

Cargo Fijo	3.32
Cargo por Reposición y Mantenimiento	1.10
Ene. Activa (S/ 0.5802 x 506.0000 kWh)	293.58
Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.3681)	25.77
Interés Compensatorio	0.66
SUB TOTAL	324.43
Imp. Gral. a las Ventas	58.40
Interés Moratorio	0.03
Saldo por redondeo	-0.05
Diferencia de redondeo	-0.01
Aporte Ley Nro. 28749 0.0083	4.20
TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2018	387.00
Deuda Anterior (1 Mes)	70.70
Aporte FOSE (Ley Nº 27510) S/ 11.41	

Que en tu hogar, se encienda la luz de la fe
y abramos nuestro corazón al prójimo....
¡Feliz Navidad!

TOTAL A PAGAR S/ ***457.70**

RECIBO Nº 258-88689631 **Noviembre-2018**
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317 - 10186 - 4890 / 27/11/2018 / 19/12/2018
TOTAL A PAGAR S/ ***457.70**



Ensa R.U.C.20103117560

RECIBO N° 258-89056846

Febrero-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ**

PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169

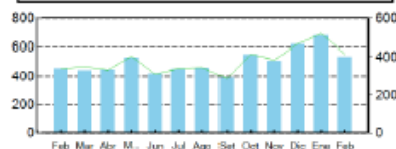
20146791540



DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO

Tensión y SED 220 V - BT / D-270262
 Sist. Eléctrico S221 Chiclayo Baj (ST3)
 Tipo de Conexión Monofásica-Aérea(C1.1)
 Opción Tarifaria BT5B - No Residencial
 Medidor N° 0000000JB029798 - Electrón.
 Hilos 3
 Lectura Anterior 62.091.00 (26/01/2019)
 Lectura Actual 0.00 (23/02/2019)
 Diferencia de 0.00
 Factor 1.0000
 Consumo 533.00 kWh
 Cons. Prom.(6 533.67 kWh
 Est.Cons.Sist.
 Potencia 0.60 kW.
 Inicio Contrato 01/05/2001
 Término Contrato 30/04/2020
 Fecha Emisión 25/02/2019

Consumo Facturado (kWh) Importe Total (S/.)



Importe 2 Últimos Meses Facturados

Dic - 2018 S/ 466.30

Ene - 2019 S/ 520.60

Fecha Corte:19/03/2019

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.



IMPORTES FACTURADOS

Recibo por Consumo del 27/01/2019 al 23/02/2019
 Cargo Fijo 3.33
 Cargo por Reposición y Mantenimiento de la 1.10
 Energía Activa(S/ 0.5932 x 533.0000 Kwh) 316.18
 Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3583) 25.08
 Interés Compensatorio 2.47
 SUB TOTAL 348.16
 Imp. Gral. a las Ventas 62.67
 Interés Moratorio 0.25
 Saldo por redondeo 0.01
 Redondeo 0.03
 Aporte Ley Nro. 28749 0.0084 4.48
 TOTAL RECIBO DE FEBRERO-2019 415.60
 Deuda Anterior (1 Mes.) 133.60
 Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 11.68

FECHA DE VENCIMIENTO 18/03/2019

TOTAL A PAGAR S/ *****549.20

RECIBO N° 258-89056846 Febrero-2019

Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

1317-10186-4890 / 25/02/2019 / 18/03/2019

TOTAL A PAGAR S/ *****549.20



R.U.C. 20103117560



RECIBO N° 258-89190366
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Marzo-2019

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI
PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540



GRUPO PALERMO S.A. - REG. 203124087

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial
Medidor N°	0000000JB029798 - Electrón.
Hilos	3
Lectura Anterior	0.00 (23/02/2019)
Lectura Actual	63.440.00 (26/03/2019)
Diferencia de	816.00
Factor	1.0000
Consumo	816.00 kWh
Cons. Prom.(6	546.50 kWh
Potencia	0.60 kW.
Inicio Contrato	01/05/2001
Término Contrato	30/04/2020
Fecha Emisión	27/03/2019

Consumo Facturado (kWh)

Importe Total (S/.)

Mes	Importe (S/.)
Ene - 2019	S/ 520.60
Feb - 2019	S/ 415.60

CORTADO

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

IMPORTES FACTURADOS	
Recibo por Consumo del 24/02/2019 al 26/03/2019	
Cargo Fijo	3.32
Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.10
Energía Activa(S/ 0.5953 x 816.0000 Kwh)	485.76
Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3908)	31.26
Interés Compensatorio	4.37
SUB TOTAL	525.81
Imp. Gral. a las Ventas	94.65
Interés Moratorio	0.49
Saldo por redondeo	-0.03
Redondeo	0.03
Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	6.85
TOTAL RECIBO DE MARZO-2019	627.80
Deuda Anterior (2 Mes(es).)	549.20
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 17.91	

ATENCION

Se comunica a todos nuestros clientes **NO** realizar sus pagos en **KASNET a Nivel Nacional / Agentes** por término de Contrato.

FECHA DE VENCIMIENTO 17/04/2019

TOTAL A PAGAR S/ *****1,177.00

RECIBO N° 258-89190366 **Marzo-2019**
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317-10186-4890 / 27/03/2019 / 17/04/2019
TOTAL A PAGAR S/ *****1,177.00



Ensa

R.U.C. 20103117560



RECIBO N° 258-89312797

Abril-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI**

PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169**20146791540**

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 27/03/2019 al 25/04/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	3.32
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.10
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.5948 x 617.0000 Kwh)	366.99
Medidor N°	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3961)	27.73
Hilos	3	Interés Compensatorio	4.08
Lectura Anterior	63.440.00 (26/03/2019)	SUB TOTAL	403.22
Lectura Actual	0.00 (25/04/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	72.58
Diferencia de	0.00	Interés Moratorio	0.42
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.03
Consumo	617.00 kWh	Redondeo	0.03
Cons. Prom.(6)	617.00 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	5.18
Est.Cons.Sist.		TOTAL RECIBO DE ABRIL-2019	481.40
Potencia	0.60 kW.	Deuda Anterior (2 Mes(es).)	1043.40
Inicio Contrato	01/05/2001	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 13.57	
Término Contrato	30/04/2020		
Fecha Emisión	26/04/2019		

Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados

Feb - 2019 S/ 415.60	Mar - 2019 S/ 627.80
----------------------	----------------------

CORTADO

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

☹ ☹ ☹

Oficina de Atención al Cliente

Of. Illimo : Ca. Real N° 484

Of. Olmos : Av. Santo Domingo N° 504

Of. Pomelca : Av. San Martín N° 271

Of. Chongoyape : Ca. Santa Catalina N° 1152

FECHA DE VENCIMIENTO

17/05/2019

TOTAL A PAGAR S/ ****1,524.80

RECIBO N° 258-89312797 **Abril-2019**

Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

1317-10186-4890 / 26/04/2019 / 17/05/2019

TOTAL A PAGAR S/ ****1,524.80



Ensa

R.U.C. 20103117560



1

RECIBO N° 258-89434221
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Mayo-2019

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI
PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540



DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 26/04/2019 al 26/05/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	3.32
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.10
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.6048 x 551.0000 Kwh)	333.24
Medidor N°	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.4158)	29.11
Hilos	3	Interés Compensatorio	8.90
Lectura Anterior	0.00 (25/04/2019)	SUB TOTAL	375.67
Lectura Actual	64,608.00 (26/05/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	67.62
Diferencia de	551.00	Interés Moratorio	1.18
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.03
Consumo	551.00 kWh	Redondeo	0.03
Cons. Prom.(6	628.17 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	4.63
Potencia	0.60 kW.	TOTAL RECIBO DE MAYO-2019	449.10
Inicio Contrato	01/05/2001	Deuda Anterior (3 Mes(es).)	1524.80
Término Contrato	30/04/2020	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 12.35	
Fecha Emisión	28/05/2019		

GRUPO PALERMO S.R.L. RUC: 20314905717

Consumo Facturado (kWh) Importe Total (S/.)

Año 2019

Mes	Importe (S/.)
Mar - 2019	S/ 627.80
Abr - 2019	S/ 481.40

CORTADO
Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

Por tu SEGURIDAD...
DENUNCIA el robo de luz
WhatsApp 982096595 (Confidencial)

FECHA DE VENCIMIENTO 18/06/2019

TOTAL A PAGAR S/ ****1,973.90

RECIBO N° 258-89434221 Mayo-2019
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317-10186-4890 / 28/05/2019 / 18/06/2019
TOTAL A PAGAR S/ ****1,973.90



R.U.C. 20103117560

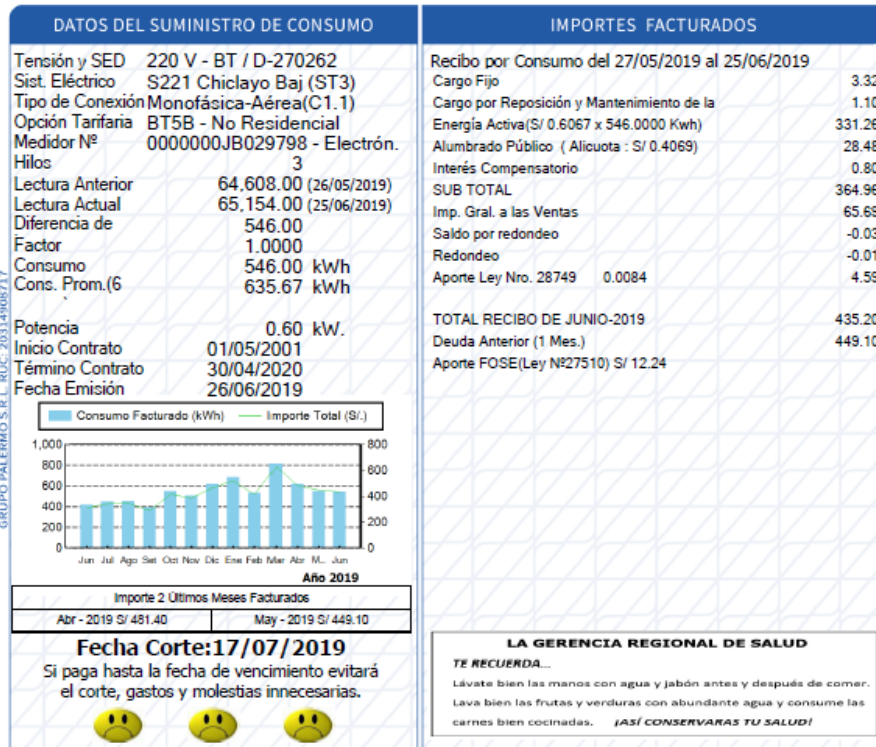


RECIBO N° 258-89564994
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Junio-2019

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI
PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540



FECHA DE VENCIMIENTO

16/07/2019

TOTAL A PAGAR

S/ *****884.30

RECIBO N° 258-89564994 Junio-2019
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317-10186-4890 / 26/06/2019 / 16/07/2019
TOTAL A PAGAR S/ *****884.30



Ensa

R.U.C. 20103117560

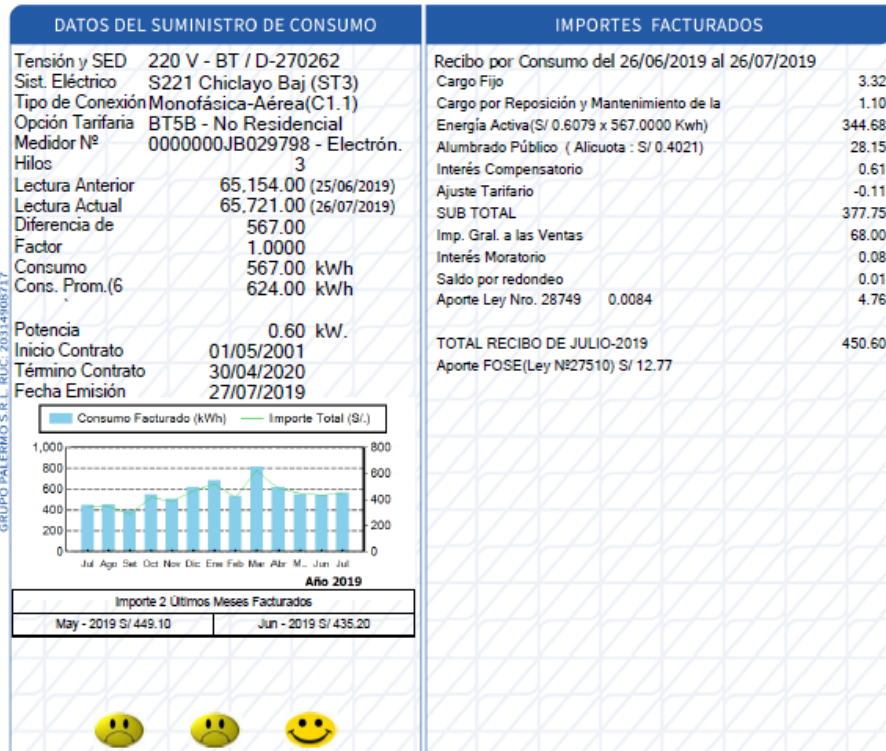


RECIBO N° 258-89689887
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Julio-2019

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI
PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000
CONGRESO 169
20146791540



FECHA DE VENCIMIENTO 16/08/2019

TOTAL A PAGAR S/ *****450.60

RECIBO N° 258-89689887 Julio-2019
Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
1317-10186-4890 / 27/07/2019 / 16/08/2019
TOTAL A PAGAR S/ *****450.60



R.U.C. 20103117560



RECIBO N° 258-89814849

Agosto-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ

PUEBL PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000

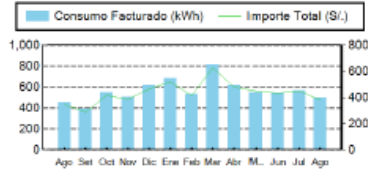
CONGRESO 169

20146791540



DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 27/07/2019 al 26/08/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	3.32
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.10
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.5990 x 500.0000 Kwh)	299.50
Medidor N°	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.4268)	14.94
Hilos	3	Interés Compensatorio	0.71
Lectura Anterior	65.721.00 (26/07/2019)	SUB TOTAL	319.57
Lectura Actual	66.221.00 (26/08/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	57.52
Diferencia de	500.00	Redondeo	0.01
Factor	1.0000	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	4.20
Consumo	500.00 kWh	TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2019	381.30
Cons. Prom.(6	605.00 kWh	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 11.12	
Potencia	0.60 kW.		
Inicio Contrato	01/05/2001		
Término Contrato	30/04/2020		
Fecha Emisión	28/08/2019		

GRUPO PALERMO S.R.L. RUC: 20314908717



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Jun - 2019 S/ 435.20	Jul - 2019 S/ 450.60



FECHA DE VENCIMIENTO **16/09/2019**

TOTAL A PAGAR S/ *****381.30

RECIBO N° 258-89814849 **Agosto-2019**
 Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
 1317-10186-4890 / 28/08/2019 / 16/09/2019
TOTAL A PAGAR S/ ***381.30**



R.U.C. 20103117560



RECIBO Nº 258-89939546

Setiembre-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI**

PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169**20146791540**

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 27/08/2019 al 25/09/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST3)	Cargo Fijo	3.33
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.12
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.5962 x 500.0000 Kwh)	298.10
Medidor Nº	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3840)	13.44
Hilos	3	Interés Compensatorio	0.85
Lectura Anterior	66.221.00 (26/08/2019)	SUB TOTAL	316.84
Lectura Actual	66.721.00 (25/09/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	57.03
Diferencia de	500.00	Interés Moratorio	0.01
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.01
Consumo	500.00 kWh	Redondeo	0.03
Cons. Prom.(6	599.50 kWh	Aporte Ley Nro. 28749	0.0084 4.20
Potencia	0.60 kW.	TOTAL RECIBO DE SETIEMBRE-2019	378.10
Inicio Contrato	01/05/2001	Deuda Anterior (1 Mes.)	381.30
Término Contrato	30/04/2020	Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 11.02	
Fecha Emisión	26/09/2019		

Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados

Jul - 2019 S/ 450.60	Ago - 2019 S/ 381.30
----------------------	----------------------

Fecha Corte:17/10/2019

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

😊 😊 😞

Paga tu recibo sin pagos de comisiones:

Banco de Crédito en Agentes y Web - Banco Continental por Web

Electronorte no se responsabiliza por pagos en otros medios no autorizados

FECHA DE VENCIMIENTO **16/10/2019****TOTAL A PAGAR S/ *****759.40**

RECIBO Nº 258-89939546 **Setiembre-2019**
 Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
 1317-10186-4890 / 26/09/2019 / 16/10/2019
TOTAL A PAGAR S/ ***759.40**



Ensa

R.U.C. 20103117560



1

RECIBO N° 258-90064750

Octubre-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI**

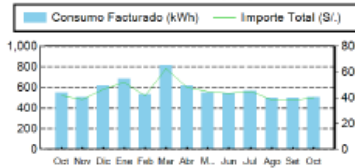
PUEBL PICSI Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169

20146791540



DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 26/09/2019 al 26/10/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST2)	Cargo Fijo	3.34
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.12
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.6076 x 503.0000 Kwh)	305.62
Medidor N°	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3484)	24.39
Hilos	3	Interés Compensatorio	2.69
Lectura Anterior	66.721.00 (25/09/2019)	SUB TOTAL	337.16
Lectura Actual	67.224.00 (26/10/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	60.69
Diferencia de	503.00	Interés Moratorio	0.33
Factor	1.0000	Saldo por redondeo	-0.03
Consumo	503.00 kWh	Redondeo	0.02
Cons. Prom.(6	546.83 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	4.23
Potencia	0.60 kW.	TOTAL RECIBO DE OCTUBRE-2019	402.40
Inicio Contrato	01/05/2001	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 11.28	
Término Contrato	30/04/2020		
Fecha Emisión	28/10/2019		



Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Ago - 2019 S/ 381.30	Set - 2019 S/ 378.10



FECHA DE VENCIMIENTO

18/11/2019

TOTAL A PAGAR

S/ *****402.40

RECIBO N° 258-90064750 Octubre-2019

Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

1317-10186-4890 / 28/10/2019 / 18/11/2019

TOTAL A PAGAR

S/ *****402.40



Ensa

R.U.C. 20103117560



RECIBO Nº 258-90190495

Noviembre-2019

Picsi, Chiclayo - Lambayeque/

Para Consultas, su código es: **26848245****MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ**

PUEBL. PICSÍ Ca CONGRESO 0169 0000

CONGRESO 169**20146791540**

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-270262	Recibo por Consumo del 27/10/2019 al 25/11/2019	
Sist. Eléctrico	S221 Chiclayo Baj (ST2)	Cargo Fijo	3.50
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la	1.12
Opción Tarifaria	BT5B - No Residencial	Energía Activa(S/ 0.6076 x 418.0000 Kwh)	253.98
Medidor Nº	0000000JB029798 - Electrón.	Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3012)	10.54
Hilos	3	Interés Compensatorio	0.79
Lectura Anterior	67.224.00 (26/10/2019)	SUB TOTAL	269.93
Lectura Actual	67.642.00 (25/11/2019)	Imp. Gral. a las Ventas	48.59
Diferencia de	418.00	Saldo por redondeo	-0.02
Factor	1.0000	Redondeo	-0.01
Consumo	418.00 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 0.0084	3.51
Cons. Prom.(6	527.83 kWh		
Potencia	0.60 kW.	TOTAL RECIBO DE NOVIEMBRE-2019	322.00
Inicio Contrato	01/05/2001	Deuda Anterior (1 Mes.)	402.40
Término Contrato	30/04/2020	Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 9.41	
Fecha Emisión	27/11/2019		

Consumo Facturado (kWh) — Importe Total (S/.)

Año 2019

Importe 2 Últimos Meses Facturados	
Set - 2019 S/ 378.10	Oct - 2019 S/ 402.40

Fecha Corte:18/12/2019

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

☹️ 😊 ☹️

FECHA DE VENCIMIENTO **17/12/2019**

TOTAL A PAGAR S/ *****724.40

RECIBO Nº 258-90190495 **Noviembre-2019**
 Suministro: 26848245 MUNICIPALIDAD DISTRITAL
Picsi, Chiclayo - Lambayeque/
 1317-10186-4890 / 27/11/2019 / 17/12/2019
TOTAL A PAGAR S/ ***724.40**



R.U.C. 20103117560



Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
07/10/2019 18:17	218,6	0	60	0	07/10/2019 18:30	215	0	60	0
07/10/2019 18:45	215,5	0	60	0	07/10/2019 19:00	215,2	0	60	0
07/10/2019 19:15	215	0	60	0	07/10/2019 19:30	212,6	0	60,1	0
07/10/2019 19:45	213,5	0	60,1	0	07/10/2019 20:00	215	0	60	0
07/10/2019 20:21	214,5	0	60	0	07/10/2019 20:30	214	0	60	0
07/10/2019 20:45	215,2	0	60	0	07/10/2019 21:00	216,9	0	60	0
07/10/2019 21:15	216,4	0	60	0	07/10/2019 21:30	217,2	0	60	0
07/10/2019 21:45	218,6	0	60	0	07/10/2019 22:00	217,6	0	60	0
07/10/2019 22:15	218,1	0	60	0	07/10/2019 22:30	219,8	0	60	0
07/10/2019 22:45	219,6	0	60	0	07/10/2019 23:00	220,3	0	60	0
07/10/2019 23:15	219,3	0	60	0	07/10/2019 23:30	221	0	60,1	0
07/10/2019 23:45	220	0	60,1	0	08/10/2019 0:00	223,2	0	60,1	0
08/10/2019 0:15	221,7	0	60	0	08/10/2019 0:30	222	0	60	0
08/10/2019 0:45	222,7	0	60	0	08/10/2019 1:00	225,1	0	60	0
08/10/2019 1:15	225,6	0	60	0	08/10/2019 1:30	222,9	0	60	0
08/10/2019 1:45	223,9	0	60	0	08/10/2019 2:00	222,4	0	60	0
08/10/2019 2:15	223,7	0	60	0	08/10/2019 2:30	224,1	0	60	0
08/10/2019 2:45	222,2	0	60	0	08/10/2019 3:00	221,7	0	60	0
08/10/2019 3:15	221,7	0	60	0	08/10/2019 3:30	222,7	0	60	0
08/10/2019 3:45	223,2	0	60	0	08/10/2019 4:00	223,4	0	60	0
08/10/2019 4:15	220,5	0	60	0	08/10/2019 4:30	222	0	60	0
08/10/2019 4:45	222,2	0	60	0	08/10/2019 5:00	220,8	0	60	0
08/10/2019 5:15	220,3	0	60	0	08/10/2019 5:30	221,2	0	60	0
08/10/2019 5:45	219,8	0	60	0	08/10/2019 6:00	219,3	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
08/10/2019 6:15	216,4	0	60	0	08/10/2019 6:30	219,1	0	60	0
08/10/2019 6:45	220,8	0	60	0	08/10/2019 7:00	222	0	60	0
08/10/2019 7:15	222,2	0	60	0	08/10/2019 7:30	218,8	0	60	0
08/10/2019 7:45	221	0	60	0	08/10/2019 8:00	218,6	0	60	0
08/10/2019 8:15	219,3	0	60	0	08/10/2019 8:30	219,8	0	60	0
08/10/2019 8:45	219,6	0	60	0	08/10/2019 9:00	218,1	0	60	0
08/10/2019 9:15	214,5	0	60	0	08/10/2019 9:30	217,6	0	60	0
08/10/2019 9:45	217,9	0	60	0	08/10/2019 10:00	214,5	0	60	0
08/10/2019 10:15	214,5	0	60	0	08/10/2019 10:30	213,5	0	60	0
08/10/2019 10:45	218,8	0	60	0	08/10/2019 11:00	217,4	0	60	0
08/10/2019 11:15	213,5	0	60	0	08/10/2019 11:30	215	0	60	0
08/10/2019 11:45	212,3	0	60	0	08/10/2019 12:00	209,7	0	60	0
08/10/2019 12:15	213,1	0	60	0	08/10/2019 12:30	213,5	0	60	0
08/10/2019 12:45	216,2	0	60	0	08/10/2019 13:00	214,7	0	60	0
08/10/2019 13:15	217,6	0	60	0	08/10/2019 13:30	218,6	0	60	0
08/10/2019 13:45	219,3	0	60	0	08/10/2019 14:00	219,1	0	60	0
08/10/2019 14:15	220,8	0	60	0	08/10/2019 14:30	221,5	0	60	0
08/10/2019 14:45	224,6	0	60	0	08/10/2019 15:00	223,7	0	60	0
08/10/2019 15:15	223,9	0	60	0	08/10/2019 15:30	221,2	0	60	0
08/10/2019 15:45	223,9	0	60	0	08/10/2019 16:00	222	0	60	0
08/10/2019 16:15	219,8	0	60	0	08/10/2019 16:30	221,7	0	60	0
08/10/2019 16:45	221	0	60	0	08/10/2019 17:00	224,1	0	60	0
08/10/2019 17:15	221	0	60	0	08/10/2019 17:30	221	0	60	0
08/10/2019 17:45	221,7	0	60	0	08/10/2019 18:00	218,8	0	60	0
08/10/2019 18:15	218,8	0	60	0	08/10/2019 18:30	216,2	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
08/10/2019 18:45	215	0	60	0	08/10/2019 19:00	213,8	0	60	0
08/10/2019 19:15	211,1	0	59,9	0	08/10/2019 19:30	211,4	0	60	0
08/10/2019 19:45	215,2	0	60	0	08/10/2019 20:00	212,3	0	60	0
08/10/2019 20:15	215,2	0	60	0	08/10/2019 20:30	215,9	0	60	0
08/10/2019 20:45	215,5	0	60	0	08/10/2019 21:00	214,5	0	60	0
08/10/2019 21:15	215,2	0	60	0	08/10/2019 21:30	217,4	0	60	0
08/10/2019 21:45	219,6	0	59,9	0	08/10/2019 22:00	220,8	0	60	0
08/10/2019 22:15	218,8	0	60	0	08/10/2019 22:30	220	0	60	0
08/10/2019 22:45	222,2	0	60	0	08/10/2019 23:00	224,4	0	60	0
08/10/2019 23:15	222	0	60	0	08/10/2019 23:30	220,5	0	60	0
08/10/2019 23:45	222,4	0	60	0	09/10/2019 0:00	222,9	0	60	0
09/10/2019 0:15	224,9	0	60	0	09/10/2019 0:30	223,7	0	60	0
09/10/2019 0:45	222,9	0	60	0	09/10/2019 1:00	222,4	0	60	0
09/10/2019 1:15	221,5	0	60	0	09/10/2019 1:30	221,2	0	60	0
09/10/2019 1:45	222	0	60	0	09/10/2019 2:00	222	0	60	0
09/10/2019 2:15	222,4	0	60	0	09/10/2019 2:30	222,7	0	60	0
09/10/2019 2:45	223,7	0	60	0	09/10/2019 3:00	222,7	0	60	0
09/10/2019 3:15	223,2	0	60	0	09/10/2019 3:30	225,1	0	60	0
09/10/2019 3:45	223,7	0	60	0	09/10/2019 4:00	222,7	0	60	0
09/10/2019 4:15	224,1	0	60	0	09/10/2019 4:30	223,7	0	60	0
09/10/2019 4:45	222,2	0	60	0	09/10/2019 5:00	219,8	0	60	0
09/10/2019 5:15	220,8	0	60	0	09/10/2019 5:30	222	0	60	0
09/10/2019 5:45	219,1	0	60	0	09/10/2019 6:00	219,8	0	60	0
09/10/2019 6:15	222,2	0	60	0	09/10/2019 6:30	221,5	0	60	0
09/10/2019 6:45	217,2	0	60	0	09/10/2019 7:00	218,8	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
09/10/2019 7:15	217,9	0	60	0	09/10/2019 7:30	215,5	0	60	0
09/10/2019 7:45	216,7	0	60	0	09/10/2019 8:00	214,5	0	60	0
09/10/2019 8:15	213,8	0	60	0	09/10/2019 8:30	212,3	0	60	0
09/10/2019 8:45	209,7	0	60	0	09/10/2019 9:00	208,5	0	60	0
09/10/2019 9:15	210,7	0	60	0	09/10/2019 9:30	211,1	0	60	0
09/10/2019 9:45	212,6	0	60	0	09/10/2019 10:09	215,2	1720	60	330,93
09/10/2019 10:15	214,5	1625	60	409,001	09/10/2019 10:30	214,3	1588	60	399,2
09/10/2019 10:45	211,9	1550	60	389,2	09/10/2019 11:00	212,3	1607	60	402,6
09/10/2019 11:15	210,4	1682	60	423,077	09/10/2019 11:30	213,3	1682	60	422,13
09/10/2019 11:45	213,3	1701	60	427,564	09/10/2019 12:00	215,2	1701	60	424,5
09/10/2019 12:15	214,7	1682	60	421,173	09/10/2019 12:30	214	1682	60	418,82
09/10/2019 12:45	214,7	1663	60	417,692	09/10/2019 13:00	216,9	1663	60	416,83
09/10/2019 13:15	215,2	1644	60	410,595	09/10/2019 13:30	215	1607	60	403,19
09/10/2019 13:45	214	1607	60	403,343	09/10/2019 14:00	213,5	1607	60	401,51
09/10/2019 14:15	214	1531	60	383,824	09/10/2019 14:30	213,5	1758	60	440,89
09/10/2019 14:45	211,6	1399	60	352,2	09/10/2019 15:00	214	831	60	207,06
09/10/2019 15:15	215,7	510	60	128,705	09/10/2019 15:30	217,9	359	60	99,966
09/10/2019 15:45	220,3	0	60	0	09/10/2019 16:00	218,6	0	60	0
09/10/2019 16:15	218,8	0	60	0	09/10/2019 16:30	216,2	0	60	0
09/10/2019 16:45	218,1	0	60	0	09/10/2019 17:00	219,6	0	60	0
09/10/2019 17:15	218,8	0	60	0	09/10/2019 17:30	216,4	0	60	0
09/10/2019 17:45	218,4	0	60	0	09/10/2019 18:00	221,7	0	60	0
09/10/2019 18:15	221,2	0	60	0	09/10/2019 18:30	217,6	0	60	0
09/10/2019 18:45	217,9	0	60	0	09/10/2019 19:00	214	0	60	0
09/10/2019 19:15	216,4	0	60	0	09/10/2019 19:30	215	340	60	446,8

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
09/10/2019 19:45	215	340	60	87,51	09/10/2019 20:00	214,7	340	60	88,368
09/10/2019 20:15	215,2	340	60	87,541	09/10/2019 20:30	217,4	340	60	89,232
09/10/2019 20:45	216,9	340	60	88,037	09/10/2019 21:00	216,2	0	60	0
09/10/2019 21:15	217,2	0	60	0	09/10/2019 21:30	218,6	0	60	0
09/10/2019 21:45	219,1	0	60	0	09/10/2019 22:00	220,5	0	60	0
09/10/2019 22:15	220,5	0	60	0	09/10/2019 22:30	218,4	0	60	0
09/10/2019 22:45	219,3	0	60	0	09/10/2019 23:00	222	0	60	0
09/10/2019 23:15	221	0	60	0	09/10/2019 23:30	220,3	0	60	0
09/10/2019 23:45	221	0	60	0	10/10/2019 0:00	222,7	0	60	0
10/10/2019 0:15	224,6	0	60	0	10/10/2019 0:30	221,7	0	60	0
10/10/2019 0:45	222,9	0	60	0	10/10/2019 1:00	221,5	0	60	0
10/10/2019 1:15	222,7	0	60	0	10/10/2019 1:30	222,2	0	60	0
10/10/2019 1:45	221	0	60	0	10/10/2019 2:00	223,4	0	60	0
10/10/2019 2:15	222,2	0	60	0	10/10/2019 2:30	222,4	0	60	0
10/10/2019 2:45	222,7	0	60	0	10/10/2019 3:00	222,4	0	60	0
10/10/2019 3:15	224,9	0	60	0	10/10/2019 3:30	223,2	0	60	0
10/10/2019 3:45	223,9	0	60	0	10/10/2019 4:00	224,1	0	60	0
10/10/2019 4:15	224,4	0	60	0	10/10/2019 4:30	222,4	0	60	0
10/10/2019 4:45	222	264	60	384,607	10/10/2019 5:00	222	0	60	0
10/10/2019 5:15	218,8	0	60	0	10/10/2019 5:30	221,2	378	60	217,08
10/10/2019 5:45	218,6	623	60	155,691	10/10/2019 6:00	218,4	604	60	152,24
10/10/2019 6:15	215,2	567	60	143,712	10/10/2019 6:30	220,5	0	60	0
10/10/2019 6:45	221	0	60	0	10/10/2019 7:00	220	264	60	201,99
10/10/2019 7:15	219,3	207	60	102,487	10/10/2019 7:30	220	415	60	128,74
10/10/2019 7:45	217,6	1020	60	256,91	10/10/2019 8:00	215	1852	60	461,7

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
10/10/2019 8:15	215	1436	60	358,507	10/10/2019 8:30	211,9	1531	60	384,55
10/10/2019 8:45	213,8	1588	60	396,459	10/10/2019 9:00	213,8	1682	60	423,16
10/10/2019 9:15	211,9	1663	60	415,494	10/10/2019 9:30	212,3	1720	60	428,18
10/10/2019 9:45	212,8	1682	60	419,351	10/10/2019 10:00	211,4	1701	60	427,63
10/10/2019 10:15	210,7	1663	60	417,448	10/10/2019 10:30	210,9	1682	60	418,97
10/10/2019 10:45	213,1	1644	60	413,578	10/10/2019 11:00	213,1	1644	60	410,7
10/10/2019 11:15	214	1644	60	411,032	10/10/2019 11:30	213,3	1663	60	417,97
10/10/2019 11:45	215,7	1663	60	417,496	10/10/2019 12:00	211,4	1682	60	420,6
10/10/2019 12:15	209,9	1644	60	413,104	10/10/2019 12:30	210,4	1682	60	418,89
10/10/2019 12:45	213,1	1644	60	412,148	10/10/2019 13:00	214,5	1663	60	418,54
10/10/2019 13:15	210,2	1644	60	410,399	10/10/2019 13:30	213,8	1607	60	400,41
10/10/2019 13:45	212,6	1550	60	389,465	10/10/2019 14:00	213,8	1531	60	385,33
10/10/2019 14:15	214,3	1436	60	361,346	10/10/2019 14:30	213,5	1436	60	358,16
10/10/2019 14:45	215	1361	60	341,534	10/10/2019 15:00	215	831	60	210,21
10/10/2019 15:15	218,4	189	60	92,797	10/10/2019 15:30	220,3	0	60	0
10/10/2019 15:45	220,8	0	60	0	10/10/2019 16:00	219,8	0	60	0
10/10/2019 16:15	216,7	0	60	0	10/10/2019 16:30	217,2	0	60	0
10/10/2019 16:45	221,2	0	60	0	10/10/2019 17:00	221,2	0	60	0
10/10/2019 17:15	222,4	0	60	0	10/10/2019 17:30	219,8	0	60	0
10/10/2019 17:45	218,6	0	60	0	10/10/2019 18:00	220,5	0	60	0
10/10/2019 18:15	222,7	0	60	0	10/10/2019 18:30	222	0	60	0
10/10/2019 18:45	220,3	0	60	0	10/10/2019 19:00	217,9	0	60	0
10/10/2019 19:15	215,9	0	60	0	10/10/2019 19:30	216,9	0	60	0
10/10/2019 19:45	215,5	0	60	0	10/10/2019 20:00	215	0	60	0
10/10/2019 20:15	216,7	0	60	0	10/10/2019 20:30	217,4	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
10/10/2019 20:45	220	0	60	0	10/10/2019 21:00	217,9	0	60	0
10/10/2019 21:15	217,4	0	60	0	10/10/2019 21:30	215,9	0	60	0
10/10/2019 21:45	215,7	0	60	0	10/10/2019 22:00	219,3	0	60	0
10/10/2019 22:15	221,5	0	60	0	10/10/2019 22:30	221,2	0	60	0
10/10/2019 22:45	221,2	0	60	0	10/10/2019 23:00	221	0	60	0
10/10/2019 23:15	219,8	0	60	0	10/10/2019 23:30	220,3	0	60	0
10/10/2019 23:45	219,3	0	60	0	11/10/2019 0:00	221,5	0	60	0
11/10/2019 0:15	221,7	0	60	0	11/10/2019 0:30	222	0	60	0
11/10/2019 0:45	222,4	0	60	0	11/10/2019 1:00	223,4	0	60	0
11/10/2019 1:15	222,2	0	60	0	11/10/2019 1:30	222,7	0	60	0
11/10/2019 1:45	223,7	0	60	0	11/10/2019 2:00	222,9	0	60	0
11/10/2019 2:15	224,1	0	60	0	11/10/2019 2:30	223,9	0	60	0
11/10/2019 2:45	222	0	60	0	11/10/2019 3:00	224,4	0	60	0
11/10/2019 3:15	225,1	0	60	0	11/10/2019 3:30	225,6	0	60	0
11/10/2019 3:45	225,6	0	60	0	11/10/2019 4:00	223,2	0	60	0
11/10/2019 4:15	224,1	0	60	0	11/10/2019 4:30	223,4	0	60	0
11/10/2019 4:45	224,6	0	60	0	11/10/2019 5:00	224,1	0	60	0
11/10/2019 5:15	223,7	0	60	0	11/10/2019 5:30	221,7	0	60	0
11/10/2019 5:45	220,3	510	60	1506,77	11/10/2019 6:00	221,5	586	60	148,41
11/10/2019 6:15	224,9	378	60	106,13	11/10/2019 6:30	222,7	0	60	0
11/10/2019 6:45	218,1	189	60	85,191	11/10/2019 7:00	219,8	510	60	128,06
11/10/2019 7:15	217,6	321	60	114,024	11/10/2019 7:30	218,6	661	60	170,4
11/10/2019 7:45	216,7	1134	60	286,707	11/10/2019 8:00	213,8	1644	60	413,22
11/10/2019 8:15	215	1474	60	370,918	11/10/2019 8:30	213,8	1531	60	385,16
11/10/2019 8:45	212,8	1569	60	392,519	11/10/2019 9:00	212,6	1550	60	386,22

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
11/10/2019 9:15	209,2	1569	60	391,302	11/10/2019 9:30	209,2	1569	60	391,34
11/10/2019 9:45	210,7	1512	60	377,539	11/10/2019 10:00	210,7	1663	60	417,79
11/10/2019 10:15	216,4	1436	60	359,249	11/10/2019 10:30	209,9	1342	60	337,14
11/10/2019 10:45	210,9	1361	60	342,077	11/10/2019 11:00	209	1380	60	347,2
11/10/2019 11:15	212,3	1380	60	346,514	11/10/2019 11:30	212,8	1361	60	340,26
11/10/2019 11:45	214,5	1380	60	344,035	11/10/2019 12:00	211,4	1399	60	352,03
11/10/2019 12:15	212,8	1455	60	363,941	11/10/2019 12:30	209,7	1455	60	364,85
11/10/2019 12:45	213,3	1417	60	353,117	11/10/2019 13:00	214,5	1399	60	352,12
11/10/2019 13:15	215,5	1399	60	350,985	11/10/2019 13:30	215,7	1380	60	345,55
11/10/2019 13:45	213,5	1436	60	357,757	11/10/2019 14:00	215,5	1417	60	355,37
11/10/2019 14:15	215,9	1380	60	346,723	11/10/2019 14:30	214	1588	60	395,39
11/10/2019 14:45	214,7	1134	60	285,789	11/10/2019 15:00	215,2	510	60	128,13
11/10/2019 15:15	215,7	397	60	102,53	11/10/2019 15:30	217,2	415	60	103,68
11/10/2019 15:45	217,9	207	60	90,587	11/10/2019 16:00	216,7	0	60	0
11/10/2019 16:15	214,7	0	60	0	11/10/2019 16:30	217,9	0	60	0
11/10/2019 16:45	218,1	0	60	0	11/10/2019 17:00	217,6	0	60	0
11/10/2019 17:15	219,1	0	60	0	11/10/2019 17:30	219,8	0	60	0
11/10/2019 17:45	219,6	0	60	0	11/10/2019 18:00	215,7	0	60	0
11/10/2019 18:15	215	0	60	0	11/10/2019 18:30	213,1	0	60	0
11/10/2019 18:45	213,1	0	60	0	11/10/2019 19:00	213,5	0	60	0
11/10/2019 19:15	212,3	0	60	0	11/10/2019 19:30	213,1	0	60	0
11/10/2019 19:45	213,3	0	60	0	11/10/2019 20:00	214,5	0	60	0
11/10/2019 20:15	216,2	0	60	0	11/10/2019 20:30	217,4	0	60	0
11/10/2019 20:45	215,2	0	60	0	11/10/2019 21:00	216,9	0	60	0
11/10/2019 21:15	215,9	0	60	0	11/10/2019 21:30	216,4	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
11/10/2019 21:45	216,9	0	60	0	11/10/2019 22:00	217,2	0	60	0
11/10/2019 22:15	218,1	0	60	0	11/10/2019 22:30	220,5	0	60	0
11/10/2019 22:45	220,8	0	60	0	11/10/2019 23:00	220,5	0	60	0
11/10/2019 23:15	221	0	60	0	11/10/2019 23:30	219,8	0	60	0
11/10/2019 23:45	221	0	60	0	12/10/2019 0:00	223,7	0	60	0
12/10/2019 0:15	224,4	0	60	0	12/10/2019 0:30	223,7	0	60	0
12/10/2019 0:45	223,7	0	60	0	12/10/2019 1:00	224,1	0	60	0
12/10/2019 1:15	224,1	0	60	0	12/10/2019 1:30	225,8	0	60	0
12/10/2019 1:45	224,4	0	60	0	12/10/2019 2:00	224,9	0	60	0
12/10/2019 2:15	224,9	0	60	0	12/10/2019 2:30	225,6	0	60	0
12/10/2019 2:45	224,9	0	60	0	12/10/2019 3:00	224,6	0	60	0
12/10/2019 3:15	223,7	0	60	0	12/10/2019 3:30	222,9	0	60	0
12/10/2019 3:45	222,9	0	60	0	12/10/2019 4:00	223,7	0	60	0
12/10/2019 4:15	223,2	0	60	0	12/10/2019 4:30	222,2	0	60	0
12/10/2019 4:45	221,5	0	60	0	12/10/2019 5:00	222,9	0	60	0
12/10/2019 5:15	221,5	0	60	0	12/10/2019 5:30	221,5	0	60	0
12/10/2019 5:45	222,2	0	60	0	12/10/2019 6:00	223,9	0	60	0
12/10/2019 6:15	224,6	0	60	0	12/10/2019 6:30	226,5	0	60	0
12/10/2019 6:45	224,6	0	60	0	12/10/2019 7:00	223,9	0	60	0
12/10/2019 7:15	222,9	0	60	0	12/10/2019 7:30	220,8	0	60	0
12/10/2019 7:45	218,1	0	60	0	12/10/2019 8:00	218,6	0	60	0
12/10/2019 8:15	218,4	0	60	0	12/10/2019 8:30	218,4	0	60	0
12/10/2019 8:45	217,4	0	60	0	12/10/2019 9:00	218,6	0	60	0
12/10/2019 9:15	217,2	0	60	0	12/10/2019 9:30	216,9	359	60	92,41
12/10/2019 9:45	215,7	0	60	0	12/10/2019 10:00	213,8	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
12/10/2019 10:15	217,4	0	60	0	12/10/2019 10:30	216,7	0	60	0
12/10/2019 10:45	214	0	60	0	12/10/2019 11:00	215,2	0	60	0
12/10/2019 11:15	214	0	60	0	12/10/2019 11:30	214,7	0	60	0
12/10/2019 11:45	215,9	0	60	0	12/10/2019 12:00	216,4	0	60	0
12/10/2019 12:15	216,4	0	60	0	12/10/2019 12:30	218,8	0	60	0
12/10/2019 12:45	215,7	0	60	0	12/10/2019 13:00	216,7	0	60	0
12/10/2019 13:15	218,1	0	60	0	12/10/2019 13:30	221,2	0	60	0
12/10/2019 13:45	222,2	0	60	0	12/10/2019 14:00	220,3	0	60	0
12/10/2019 14:15	218,4	0	60	0	12/10/2019 14:30	220,3	0	60	0
12/10/2019 14:45	221,5	0	60	0	12/10/2019 15:00	220,8	0	60	0
12/10/2019 15:15	219,1	0	60	0	12/10/2019 15:30	220	0	60	0
12/10/2019 15:45	218,8	0	60	0	12/10/2019 16:00	222	0	60	0
12/10/2019 16:15	227,7	0	60	0	12/10/2019 16:30	225,1	0	60	0
12/10/2019 16:45	223,7	0	60	0	12/10/2019 17:00	222,4	0	60	0
12/10/2019 17:15	223,9	0	60	0	12/10/2019 17:30	222,2	0	60	0
12/10/2019 17:45	223,2	0	60	0	12/10/2019 18:00	221,2	0	60	0
12/10/2019 18:15	220	0	60	0	12/10/2019 18:30	217,4	0	60	0
12/10/2019 18:45	214,3	0	60	0	12/10/2019 19:00	215,7	0	60	0
12/10/2019 19:15	215	0	60	0	12/10/2019 19:30	217,2	0	60	0
12/10/2019 19:45	219,1	0	60	0	12/10/2019 20:00	215,2	0	60	0
12/10/2019 20:15	216,4	0	60	0	12/10/2019 20:30	214,7	0	60	0
12/10/2019 20:45	215,5	0	60	0	12/10/2019 21:00	215,2	0	60	0
12/10/2019 21:15	217,2	0	60	0	12/10/2019 21:30	217,4	0	60	0
12/10/2019 21:45	216,4	0	60	0	12/10/2019 22:00	218,6	0	60	0
12/10/2019 22:15	222	0	60	0	12/10/2019 22:30	222,7	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
12/10/2019 22:45	222	0	60	0	12/10/2019 23:00	223,9	0	60	0
12/10/2019 23:15	224,4	0	60	0	12/10/2019 23:30	222,9	0	60	0
12/10/2019 23:45	222,2	0	60	0	13/10/2019 0:00	223,9	0	60	0
13/10/2019 0:15	223,9	0	60	0	13/10/2019 0:30	223,2	0	60	0
13/10/2019 0:45	222,2	0	60	0	13/10/2019 1:00	223,4	0	60	0
13/10/2019 1:15	222,7	0	60	0	13/10/2019 1:30	225,6	0	60	0
13/10/2019 1:45	225,1	0	60	0	13/10/2019 2:00	224,9	0	60	0
13/10/2019 2:15	222,4	0	60	0	13/10/2019 2:30	224,6	0	60	0
13/10/2019 2:45	224,6	0	60	0	13/10/2019 3:00	226,1	0	60	0
13/10/2019 3:15	224,1	0	60	0	13/10/2019 3:30	225,3	0	60	0
13/10/2019 3:45	225,3	0	60	0	13/10/2019 4:00	222,9	0	60	0
13/10/2019 4:15	221,5	0	60	0	13/10/2019 4:30	221	0	60	0
13/10/2019 4:45	222,9	0	60	0	13/10/2019 5:00	223,4	0	60	0
13/10/2019 5:15	223,2	0	60	0	13/10/2019 5:30	219,8	0	60	0
13/10/2019 5:45	221,2	0	60	0	13/10/2019 6:00	223,4	0	60	0
13/10/2019 6:15	223,9	0	60	0	13/10/2019 6:30	220,3	0	60	0
13/10/2019 6:45	220,8	0	60	0	13/10/2019 7:00	221,2	0	60	0
13/10/2019 7:15	221,2	0	60	0	13/10/2019 7:30	219,6	0	60	0
13/10/2019 7:45	220,8	0	60	0	13/10/2019 8:00	219,1	434	60	130,83
13/10/2019 8:15	220,8	0	60	0	13/10/2019 8:30	218,8	0	60	0
13/10/2019 8:45	220,8	0	60	0	13/10/2019 9:00	217,4	0	60	0
13/10/2019 9:15	215,2	0	60	0	13/10/2019 9:30	214	0	60	0
13/10/2019 9:45	217,9	0	60	0	13/10/2019 10:00	215,2	0	60	0
13/10/2019 10:15	214,7	0	60	0	13/10/2019 10:30	218,1	0	60	0
13/10/2019 10:45	215,5	0	60	0	13/10/2019 11:00	213,1	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
13/10/2019 11:15	218,6	0	60	0	13/10/2019 11:30	214,7	0	60	0
13/10/2019 11:45	215,5	0	60	0	13/10/2019 12:00	212,1	0	60	0
13/10/2019 12:15	215	0	60	0	13/10/2019 12:30	216,2	264	60	100,46
13/10/2019 12:45	216,9	0	60	0	13/10/2019 13:00	219,8	0	60	0
13/10/2019 13:15	219,8	0	60	0	13/10/2019 13:30	220,8	0	60	0
13/10/2019 13:45	219,6	0	60	0	13/10/2019 14:00	221,7	0	60	0
13/10/2019 14:15	222,4	0	60	0	13/10/2019 14:30	222,7	0	60	0
13/10/2019 14:45	222,7	0	60	0	13/10/2019 15:00	225,3	0	60	0
13/10/2019 15:15	227,3	0	60	0	13/10/2019 15:30	224,6	0	60	0
13/10/2019 15:45	227,3	0	60	0	13/10/2019 16:00	222,4	0	60	0
13/10/2019 16:15	221	0	60	0	13/10/2019 16:30	223,9	0	60	0
13/10/2019 16:45	221	453	60	135,415	13/10/2019 17:00	224,1	0	60	0
13/10/2019 17:15	224,1	0	60	0	13/10/2019 17:30	222,9	0	60	0
13/10/2019 17:45	221,2	0	60	0	13/10/2019 18:00	219,8	0	60	0
13/10/2019 18:15	220	0	60	0	13/10/2019 18:30	214,3	0	60	0
13/10/2019 18:45	212,3	0	60	0	13/10/2019 19:00	214,5	0	60	0
13/10/2019 19:15	213,1	0	60	0	13/10/2019 19:30	214,3	0	60	0
13/10/2019 19:45	213,5	0	60	0	13/10/2019 20:00	212,3	0	60	0
13/10/2019 20:15	212,6	0	60	0	13/10/2019 20:30	214,5	0	60	0
13/10/2019 20:45	212,6	0	60	0	13/10/2019 21:00	215	0	60	0
13/10/2019 21:15	214,5	0	60	0	13/10/2019 21:30	214	0	60	0
13/10/2019 21:45	216,7	0	60	0	13/10/2019 22:00	216,4	0	60	0
13/10/2019 22:15	218,4	0	60	0	13/10/2019 22:30	219,8	0	60	0
13/10/2019 22:45	221,2	0	60	0	13/10/2019 23:00	217,4	0	60	0
13/10/2019 23:15	220,8	0	60	0	13/10/2019 23:30	220,8	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
13/10/2019 23:45	221,5	0	60	0	14/10/2019 0:00	222,9	0	60	0
14/10/2019 0:15	219,8	0	60	0	14/10/2019 0:30	222,7	0	60	0
14/10/2019 0:45	223,2	0	60	0	14/10/2019 1:00	223,9	0	60	0
14/10/2019 1:15	222,2	0	60	0	14/10/2019 1:30	222,7	0	60	0
14/10/2019 1:45	225,1	0	60	0	14/10/2019 2:00	223,2	0	60	0
14/10/2019 2:15	222,4	0	60	0	14/10/2019 2:30	224,4	0	60,1	0
14/10/2019 2:45	226,1	0	60	0	14/10/2019 3:00	224,1	0	60	0
14/10/2019 3:15	224,1	0	60	0	14/10/2019 3:30	225,1	0	60	0
14/10/2019 3:45	224,6	0	60,1	0	14/10/2019 4:00	225,1	0	60	0
14/10/2019 4:15	223,9	0	60	0	14/10/2019 4:30	224,1	0	60	0
14/10/2019 4:45	226,1	0	60	0	14/10/2019 5:00	224,6	0	60	0
14/10/2019 5:15	222,2	0	60	0	14/10/2019 5:30	219,3	340	60	101,79
14/10/2019 5:45	221,5	586	60	150,272	14/10/2019 6:00	223,7	510	60	130,24
14/10/2019 6:15	222,4	472	60	118,542	14/10/2019 6:30	223,9	397	60	103,04
14/10/2019 6:45	221,5	0	60	0	14/10/2019 7:00	222,7	415	60	117,01
14/10/2019 7:15	221,2	510	60	129,561	14/10/2019 7:30	217,9	661	60	165,39
14/10/2019 7:45	216,7	907	60	230,36	14/10/2019 8:00	213,1	1928	60	482,78
14/10/2019 8:15	212,1	1474	60	369,483	14/10/2019 8:30	211,1	1512	60	378,93
14/10/2019 8:45	209,2	1588	60	396,425	14/10/2019 9:00	206,8	1644	60	410,63
14/10/2019 9:15	205,8	1663	60	415,342	14/10/2019 9:30	212,3	1644	60	411,01
14/10/2019 9:45	213,5	1625	60	409,246	14/10/2019 10:00	213,5	1682	60	419,22
14/10/2019 10:15	212,1	1607	60	403,973	14/10/2019 10:30	214,7	1625	60	408,57
14/10/2019 10:45	211,4	1682	60	420,746	14/10/2019 11:00	211,4	1663	60	416,68
14/10/2019 11:15	212,6	1644	60	409,429	14/10/2019 11:30	215	1644	60	413,81
14/10/2019 11:45	215,5	1607	60	404,112	14/10/2019 12:00	217,4	1625	60	405,78

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
14/10/2019 12:15	215,2	1644	60	411,412	14/10/2019 12:30	214,7	1625	60	407,38
14/10/2019 12:45	214	1625	60	407,361	14/10/2019 13:00	214,3	1663	60	418,46
14/10/2019 13:15	212,3	1928	60	482,54	14/10/2019 13:30	217,9	1588	60	397,44
14/10/2019 13:45	215,7	1531	60	382,415	14/10/2019 14:00	215	1512	60	378,02
14/10/2019 14:15	216,7	1474	60	367,374	14/10/2019 14:30	217,6	1550	60	388,66
14/10/2019 14:45	216,7	1247	60	314,034	14/10/2019 15:00	220	321	60	110,03
14/10/2019 15:15	225,3	0	60	0	14/10/2019 15:30	226,5	0	60	0
14/10/2019 15:45	220,3	0	60	0	14/10/2019 16:00	221	0	60	0
14/10/2019 16:15	223,2	0	60	0	14/10/2019 16:30	222,9	0	60	0
14/10/2019 16:45	219,6	0	60	0	14/10/2019 17:00	220,3	0	60	0
14/10/2019 17:15	222,7	0	60	0	14/10/2019 17:30	223,2	0	60	0
14/10/2019 17:45	222	0	60	0	14/10/2019 18:00	221	0	60	0
14/10/2019 18:15	219,3	0	60	0	14/10/2019 18:30	214,3	0	60	0
14/10/2019 18:45	212,3	0	60	0	14/10/2019 19:00	212,8	0	60	0
14/10/2019 19:15	213,5	0	60	0	14/10/2019 19:30	215,5	0	60	0
14/10/2019 19:45	215,2	0	60	0	14/10/2019 20:00	215,7	0	60	0
14/10/2019 20:15	215,7	0	60	0	14/10/2019 20:30	216,4	0	60	0
14/10/2019 20:45	215,7	0	60	0	14/10/2019 21:00	215,9	0	60	0
14/10/2019 21:15	215,9	0	60	0	14/10/2019 21:30	216,7	0	60	0
14/10/2019 21:45	219,1	0	60	0	14/10/2019 22:00	221,2	0	60	0
14/10/2019 22:15	221,5	0	60	0	14/10/2019 22:30	220,8	0	60	0
14/10/2019 22:45	222,4	0	60	0	14/10/2019 23:00	222,2	0	60	0
14/10/2019 23:15	222,4	0	60	0	14/10/2019 23:30	221,5	0	60	0
14/10/2019 23:45	223,4	0	60	0	15/10/2019 0:00	223,9	0	60	0
15/10/2019 0:15	223,9	0	60	0	15/10/2019 0:30	223,7	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
15/10/2019 0:45	223,7	0	60	0	15/10/2019 1:00	223,4	0	60	0
15/10/2019 1:15	226,3	0	60	0	15/10/2019 1:30	226,1	0	60	0
15/10/2019 1:45	226,5	0	60	0	15/10/2019 2:00	226,3	0	60	0
15/10/2019 2:15	227,5	0	60	0	15/10/2019 2:30	227,5	0	60	0
15/10/2019 2:45	227,5	0	60	0	15/10/2019 3:00	227,3	0	60	0
15/10/2019 3:15	226,3	0	60	0	15/10/2019 3:30	226,5	0	60	0
15/10/2019 3:45	227,3	0	60	0	15/10/2019 4:00	228	0	60	0
15/10/2019 4:15	228	0	60	0	15/10/2019 4:30	225,1	0	60	0
15/10/2019 4:45	225,6	0	60	0	15/10/2019 5:00	227,3	0	60	0
15/10/2019 5:15	226,5	0	60	0	15/10/2019 5:30	221	0	60	0
15/10/2019 5:45	221,7	415	60	105,461	15/10/2019 6:00	221	548	60	138,7
15/10/2019 6:15	223,9	510	60	127,836	15/10/2019 6:30	222,4	415	60	108,96
15/10/2019 6:45	225,3	226	60	110,264	15/10/2019 7:00	222,9	0	60	0
15/10/2019 7:15	222,9	0	60	0	15/10/2019 7:30	222,7	434	60	133,11
15/10/2019 7:45	219,6	1002	60	249,706	15/10/2019 8:00	216,7	1682	60	420,73
15/10/2019 8:15	214,7	1607	60	402,897	15/10/2019 8:30	216,2	1531	60	384,21
15/10/2019 8:45	219,1	1625	60	406,905	15/10/2019 9:00	215,7	1720	60	431,27
15/10/2019 9:15	215	1701	60	427,922	15/10/2019 9:30	214,5	1682	60	420,11
15/10/2019 9:45	216,7	1758	60	438,936	15/10/2019 10:00	215	1814	60	451,96
15/10/2019 10:15	212,1	1833	60	457,387	15/10/2019 10:30	214,3	1814	60	454,14
15/10/2019 10:45	209,7	1777	60	444,889	15/10/2019 11:00	210,9	1739	60	436,24
15/10/2019 11:15	210,9	1814	60	456,206	15/10/2019 11:30	212,3	1814	60	453,68
15/10/2019 11:45	214,3	1796	60	449,478	15/10/2019 12:00	214,5	1739	60	435,18
15/10/2019 12:15	213,5	1701	60	423,857	15/10/2019 12:30	212,8	1720	60	431,92
15/10/2019 12:45	213,8	1739	60	436,53	15/10/2019 13:00	215,5	1758	60	439,79

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
15/10/2019 13:15	212,8	1720	60	432,577	15/10/2019 13:30	210,4	1796	60	450,26
15/10/2019 13:45	210,9	1833	60	457,007	15/10/2019 14:00	212,3	1833	60	458,54
15/10/2019 14:15	210,7	2041	60	510,66	15/10/2019 14:30	213,8	1720	60	431,42
15/10/2019 14:45	213,3	1531	60	385,148	15/10/2019 15:00	218,4	604	60	155,05
15/10/2019 15:15	218,6	245	60	95,607	15/10/2019 15:30	220,5	0	60	0
15/10/2019 15:45	221,2	0	60	0	15/10/2019 16:00	218,6	0	60	0
15/10/2019 16:15	219,1	0	60	0	15/10/2019 16:30	221	0	60	0
15/10/2019 16:45	220,8	0	60	0	15/10/2019 17:00	219,6	0	60	0
15/10/2019 17:15	219,8	0	60	0	15/10/2019 17:30	220	0	60	0
15/10/2019 17:45	219,1	0	60	0	15/10/2019 18:00	217,6	0	60	0
15/10/2019 18:15	218,1	0	60	0	15/10/2019 18:30	215,9	0	60	0
15/10/2019 18:45	216,4	0	60	0	15/10/2019 19:00	214,3	0	60	0
15/10/2019 19:15	213,1	0	60	0	15/10/2019 19:30	213,1	0	60	0
15/10/2019 19:45	213,8	0	60	0	15/10/2019 20:00	215	0	60	0
15/10/2019 20:15	215,7	0	60	0	15/10/2019 20:30	217,2	0	60	0
15/10/2019 20:45	216,2	0	60	0	15/10/2019 21:00	216,2	0	60	0
15/10/2019 21:15	217,2	0	60	0	15/10/2019 21:30	215,5	0	60	0
15/10/2019 21:45	218,1	0	60	0	15/10/2019 22:00	219,3	0	60	0
15/10/2019 22:15	217,9	0	60	0	15/10/2019 22:30	219,8	0	60	0
15/10/2019 22:45	221,5	0	60	0	15/10/2019 23:00	221,7	0	60	0
15/10/2019 23:15	222,7	0	60	0	15/10/2019 23:30	225,3	0	60	0
15/10/2019 23:45	226,3	0	60	0	16/10/2019 0:00	224,6	0	60	0
16/10/2019 0:15	226,3	0	60	0	16/10/2019 0:30	225,8	0	60	0
16/10/2019 0:45	224,9	0	60	0	16/10/2019 1:00	224,9	0	60	0
16/10/2019 1:15	225,6	0	60	0	16/10/2019 1:30	225,3	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
16/10/2019 1:45	224,4	0	60	0	16/10/2019 2:00	224,9	0	60	0
16/10/2019 2:15	224,1	0	60	0	16/10/2019 2:30	225,6	0	60	0
16/10/2019 2:45	225,1	0	60	0	16/10/2019 3:00	225,8	0	60	0
16/10/2019 3:15	224,1	0	60	0	16/10/2019 3:30	227,5	0	60	0
16/10/2019 3:45	226,3	0	60	0	16/10/2019 4:00	224,1	0	60	0
16/10/2019 4:15	223,9	0	60	0	16/10/2019 4:30	224,4	0	60	0
16/10/2019 4:45	224,6	0	60	0	16/10/2019 5:00	223,7	0	60	0
16/10/2019 5:15	221,5	0	60	0	16/10/2019 5:30	221,7	378	60	108,08
16/10/2019 5:45	221,7	567	60	144,097	16/10/2019 6:00	221	831	60	209,78
16/10/2019 6:15	219,1	623	60	156,885	16/10/2019 6:30	221,5	529	60	132,56
16/10/2019 6:45	221,5	737	60	186,186	16/10/2019 7:00	220,8	642	60	164,27
16/10/2019 7:15	219,3	548	60	139,765	16/10/2019 7:30	220,5	661	60	168,19
16/10/2019 7:45	217,9	1096	60	276,01	16/10/2019 8:00	214	1399	60	351,94
16/10/2019 8:15	212,6	1399	60	349,347	16/10/2019 8:30	211,6	1455	60	365,14
16/10/2019 8:45	213,5	1436	60	359,986	16/10/2019 9:00	210,4	1512	60	376,57
16/10/2019 9:15	212,6	1588	60	395,577	16/10/2019 9:30	211,9	1607	60	401,06
16/10/2019 9:45	212,1	1607	60	403,077	16/10/2019 10:00	210,7	1607	60	401,89
16/10/2019 10:15	212,3	1588	60	395,82	16/10/2019 10:30	212,8	1588	60	398,15
16/10/2019 10:45	209,9	1550	60	388,507	16/10/2019 11:00	209,2	1588	60	396,03
16/10/2019 11:15	213,5	1588	60	397,752	16/10/2019 11:30	214,3	1588	60	395,74
16/10/2019 11:45	214,7	1569	60	392,306	16/10/2019 12:00	213,8	1550	60	387,02
16/10/2019 12:15	211,9	1512	60	380,877	16/10/2019 12:30	213,8	1493	60	373,26
16/10/2019 12:45	213,5	1493	60	374,846	16/10/2019 13:00	210,7	1512	60	377,48
16/10/2019 13:15	214	1512	60	380,307	16/10/2019 13:30	214,7	1493	60	372,87
16/10/2019 13:45	213,3	1455	60	366,427	16/10/2019 14:00	212,6	1531	60	383,46

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
16/10/2019 14:15	211,6	1512	60	378,801	16/10/2019 14:30	210,2	1512	60	378,3
16/10/2019 14:45	215	1285	60	321,581	16/10/2019 15:00	219,1	699	60	175,55
16/10/2019 15:15	219,3	378	60	98,264	16/10/2019 15:30	216,4	0	60	0
16/10/2019 15:45	215,2	0	60	0	16/10/2019 16:00	214,7	0	60	0
16/10/2019 16:15	215,5	0	60	0	16/10/2019 16:30	217,2	0	60	0
16/10/2019 16:45	214,5	0	60	0	16/10/2019 17:00	216,4	0	60	0
16/10/2019 17:15	217,4	0	60	0	16/10/2019 17:30	214,3	0	60	0
16/10/2019 17:45	216,2	0	60	0	16/10/2019 18:00	216,2	0	60	0
16/10/2019 18:15	213,5	0	60	0	16/10/2019 18:30	213,3	0	60	0
16/10/2019 18:45	213,3	0	60	0	16/10/2019 19:00	211,6	0	60	0
16/10/2019 19:15	210,9	0	60	0	16/10/2019 19:30	213,1	0	60	0
16/10/2019 19:45	213,1	0	60	0	16/10/2019 20:00	215	0	60	0
16/10/2019 20:15	216,9	0	60	0	16/10/2019 20:30	215,7	0	60	0
16/10/2019 20:45	216,4	0	60	0	16/10/2019 21:00	214,5	0	60	0
16/10/2019 21:15	216,4	0	60	0	16/10/2019 21:30	216,9	0	60	0
16/10/2019 21:45	215,7	0	60	0	16/10/2019 22:00	217,2	0	60	0
16/10/2019 22:15	218,1	0	60	0	16/10/2019 22:30	219,3	0	60	0
16/10/2019 22:45	220	0	60	0	16/10/2019 23:00	221,2	0	60	0
16/10/2019 23:15	221,7	0	60	0	16/10/2019 23:30	219,6	0	60	0
16/10/2019 23:45	220,5	0	60	0	17/10/2019 0:00	221,5	0	60	0
17/10/2019 0:15	221,5	0	60	0	17/10/2019 0:30	220,8	0	60	0
17/10/2019 0:45	223,2	0	60	0	17/10/2019 1:00	221,7	0	60	0
17/10/2019 1:15	222,9	0	60,1	0	17/10/2019 1:30	224,1	0	60,1	0
17/10/2019 1:45	223,7	0	60	0	17/10/2019 2:00	224,4	0	60	0
17/10/2019 2:15	224,4	0	60	0	17/10/2019 2:30	225,1	0	60	0

Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)	Fecha y hora	Tensión (V)	Potencia (W)	Frecuencia (Hz)	Energía (W)
17/10/2019 2:45	224,6	0	60	0	17/10/2019 3:00	225,3	0	60	0
17/10/2019 3:15	224,4	0	60	0	17/10/2019 3:30	224,1	0	60	0
17/10/2019 3:45	223,7	0	60	0	17/10/2019 4:00	224,4	0	60	0
17/10/2019 4:15	225,6	0	60	0	17/10/2019 4:30	227,3	0	60	0
17/10/2019 4:45	226,8	0	60	0	17/10/2019 5:00	225,8	0	60	0
17/10/2019 5:15	220,8	0	60	0	17/10/2019 5:30	222,7	0	60	0
17/10/2019 5:45	221,5	548	60	140,774	17/10/2019 6:00	220,8	510	60	129,6
17/10/2019 6:15	216,9	321	60	85,96	17/10/2019 6:30	222,4	0	60	0
17/10/2019 6:45	222,7	378	60	104,602	17/10/2019 7:00	219,8	397	60	115,19
17/10/2019 7:15	217,6	359	60	115,784	17/10/2019 7:30	217,2	604	60	151,29
17/10/2019 7:45	215,7	1134	60	284,251	17/10/2019 8:00	214,3	1588	60	398,83
17/10/2019 8:15	216,7	1550	60	388,205	17/10/2019 8:30	213,1	1531	60	383,52
17/10/2019 8:45	210,7	1569	60	391,997	17/10/2019 9:00	208,5	1569	60	391,69
17/10/2019 9:15	206,3	1569	60	390,763	17/10/2019 9:30	207,8	1550	60	386
17/10/2019 9:45	211,1	1852	60	463,219	17/10/2019 10:00	212,6	1682	60	419,95
17/10/2019 10:15	210,9	1625	60	405,334	17/10/2019 10:30	207,5	1588	60	395,94
17/10/2019 10:45	209,7	1588	60	396,253	17/10/2019 11:00	209,7	1550	60	388,52

JKM330PP-72

310-330 Vatios

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008,
ISO14001:2004, OHSAS18001

Productos con certificación IEC61215, IEC61730



Principales características



Célula solar 4 bus bar:

La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.



Potencia Elevada:

Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 330Wp.



Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):

Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60°C/85% de humedad relativa para la producción en masa..



Rendimiento con baja irradiación lumínica:

El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



Resistencia en condiciones climatológicas adversas:

Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).



Resistencia en condiciones ambientales extremas:

Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.

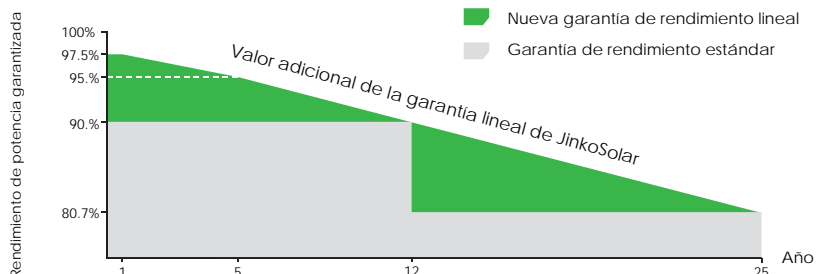


Coefficiente de Temperatura:

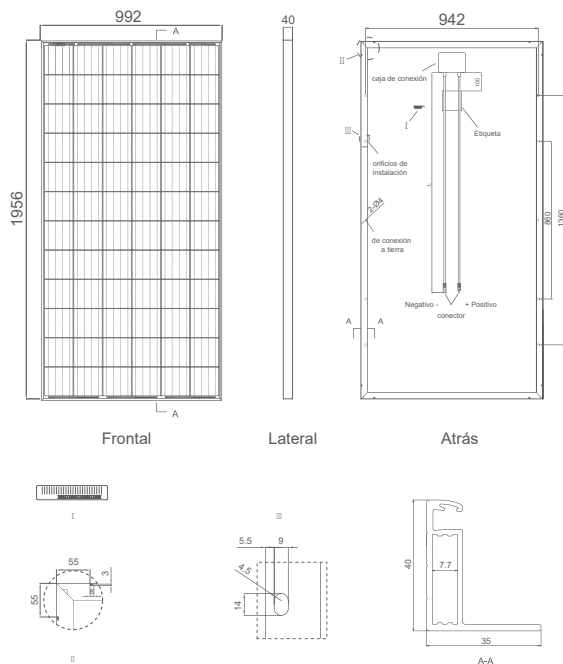
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal



Dibujos técnicos

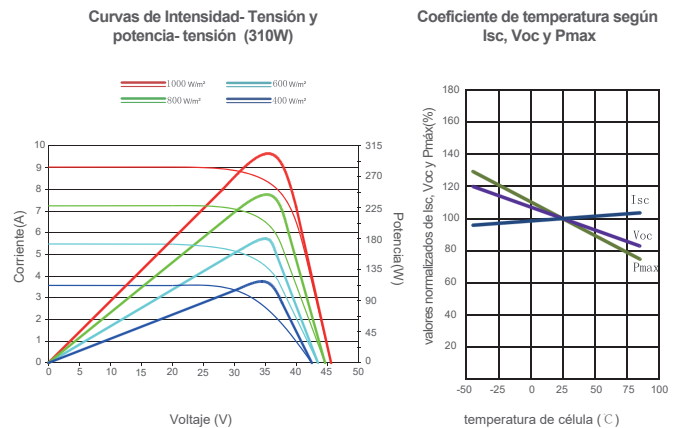


Embalaje

(Dos cajas = un palet)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 600 pzs./40 'HQ contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm², Longitud: 900mm

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM310PP		JKM315PP		JKM320PP		JKM325PP		JKM330PP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	305Wp	242Wp	330Wp	246Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.1V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A
Eficiencia del módulo (%)	15.98%		16.23%		16.49%		16.75%		17.01%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)									
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A									
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%									
Coefficiente de temperatura de PMAX	-0.40%/°C									
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30%/°C									
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C									
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C									

STC: Radiación 1000 W/m² Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m² Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente MPPT



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapINverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max.1} / I_{dc\ max.2}$)	12 A / 12 A				
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	18 A / 18 A				
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ min.}$)	80 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	80 V				
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	710 V				
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ max.}$)	1.000 V				
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$)	200 - 800 V			210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	2 + 2				
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ max.}$)	4,5 kW _{pico}	5,3 kW _{pico}	5,5 kW _{pico}	6,0 kW _{pico}	6,9 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	4.000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η _{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % P _{ac,r} ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % P _{ac,r} ²⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	88,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % P _{ac,r} ²⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % P _{ac,r} ²⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % P _{ac,r} ²⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % P _{ac,r} ²⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % P _{ac,r} ²⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % P _{ac,r} ²⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ³⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ³⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ³⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

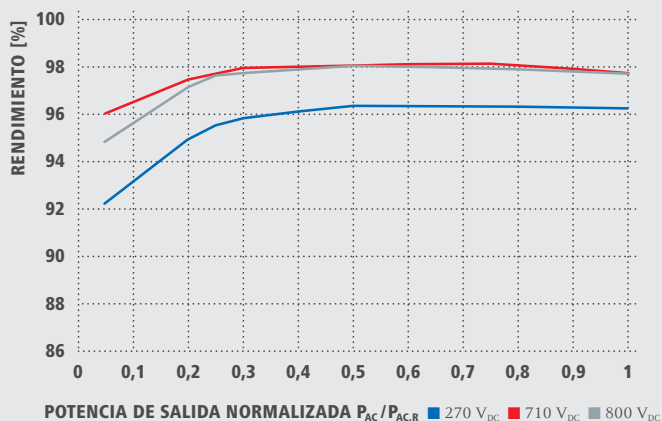
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con Umpp mín. / Udc,r / Umpp máx.

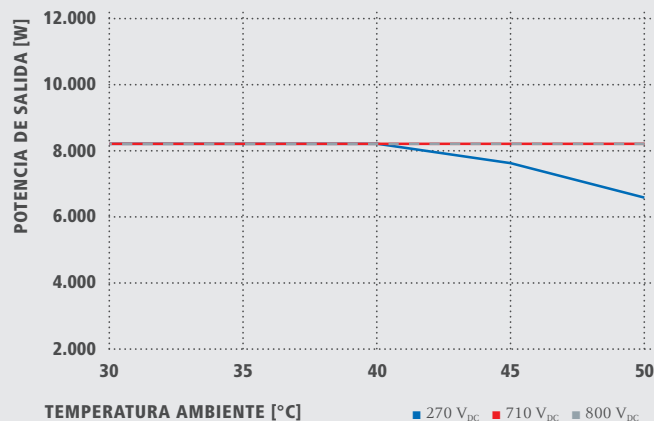
³⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)	12 A / 12 A	18 A / 18 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)	18 A / 18 A	27 A / 27 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		80 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio (U_{dc} arranque)		80 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		710 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	240 - 800 V		270 - 800 V
Número de seguidores MPP		2	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	7,5 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}	12,3 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)		
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %		
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.		

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm		
Peso	21,5 kg		
Tipo de protección	IP 65		
Clase de protección	1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3		
Consumo nocturno	< 1 W		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 %		
Máxima altitud	4.000 m		
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²		
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac,r}^{1)}$	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}^{1)}$	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}^{1)}$	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac,r}^{1)}$	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}^{1)}$	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac,r}^{1)}$	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac,r}^{1)}$	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac,r}^{1)}$	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %		

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC	Sí		
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia		
Seccionador CC	Sí		
Protección contra polaridad inversa	Sí		

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net		
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

¹⁾ Y con Umpp mín. / Udc,r / Umpp máx.

²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

FREETOX NH-80

Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

1.5 mm² - 300 mm²

Embalaje

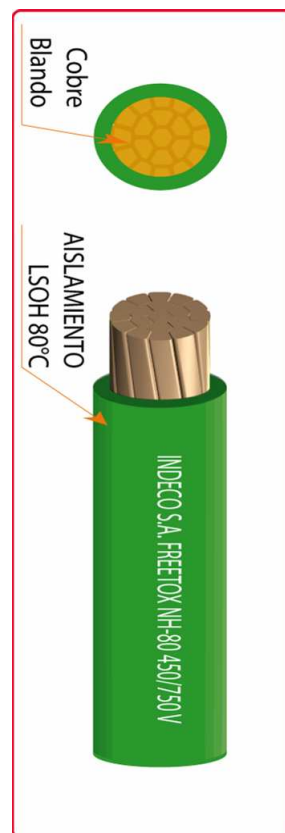
De 1.5 a 10 mm², en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm², en carretes de madera.

Colores

De 1.5 a 10 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm² sólo en color negro ⁽¹⁾.



Norma(s) de Fabricación

NTP 370.252

Tensión de servicio

450/750 V

Temperatura de operación

80°C

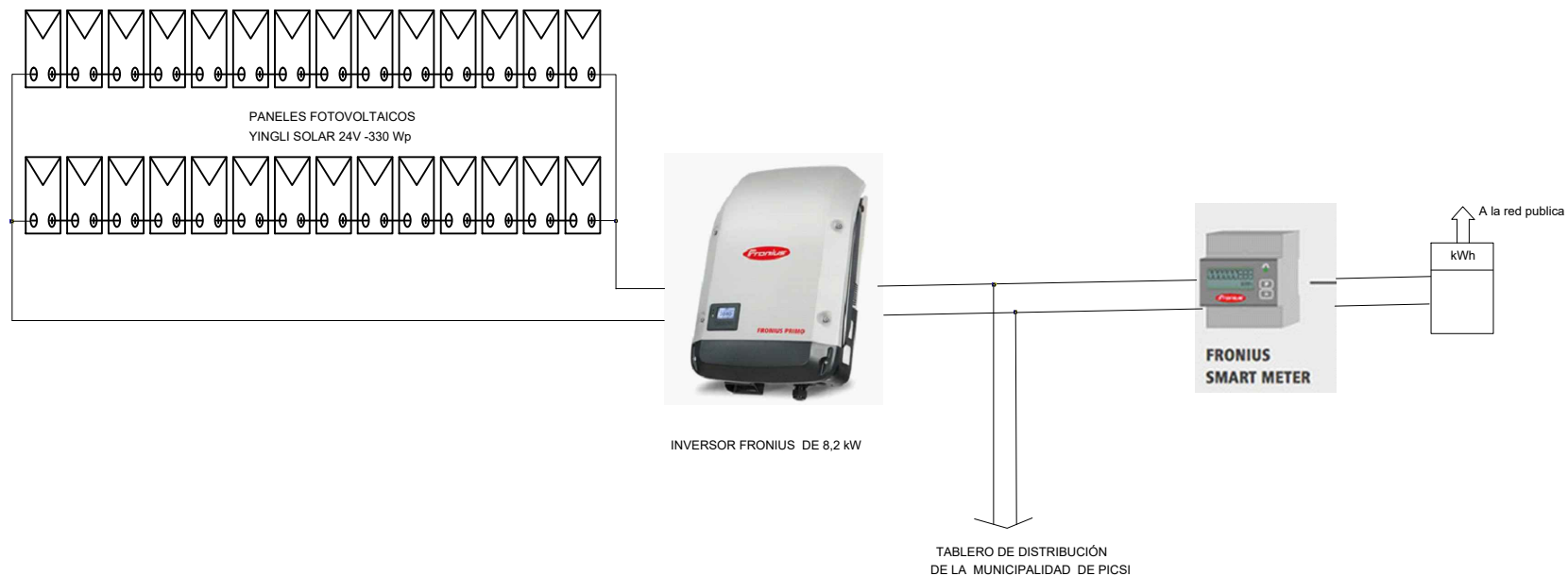
⁽¹⁾ A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

(*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.



GERMAN FAVIAN VASQUEZ DUCEP

BACH. INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO-FIME

TESIS: *MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA CON SISTEMA FOTOVOLTAICO RENOVABLES CONECTADO A RED EN EL DISTRITO DE TARAPOTO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE		UBICACIÓN : DISTRITO : PICSÍ DPTO. : LAMBAYEQUE	
PLANO : MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA		ESCALA : S/E	PROYECTISTA : GFVD
		FECHA : NOVIEMBRE 2019	CAD: GFVD
			Nº DE PLANO : MDF-01



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI

Creado el 12 de Noviembre de 1823



Pícsi, 21 de Agosto del 2019

Sr. German Favlan Vásquez Ducep

Por medio del presente me dirijo a usted para saludarlo muy cordialmente y a la vez hacer de su conocimiento que de acuerdo a la documentación que ha presentado, La Municipalidad Distrital de Pícsi a través de la Sub Gerencia de Recursos Humanos le concede el permiso correspondiente para que pueda realizar su investigación en las instalaciones que usted requiera para recabar datos en la elaboración de su tesis.

Sin otro particular es todo cuanto tengo que responder a su documento presentado, hago propicio el momento para extenderle mi cordial consideración y estima personal.

Atentamente,

 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSI
Maria E. Pérez Cajan
Lic. Maria Esther Pérez Cajan
SUB GERENTE DE RECURSOS HUMANOS

"Caminemos juntos"